



**DISEÑO EN CONCRETO REFORZADO DEL NUEVO PUENTE “LAS DELICIAS”
PARA LA CONEXIÓN DE LOS MUNICIPIOS DE ALPUJARRA Y BARAYA
BAJO LA NORMA COLOMBIANA DE PUENTES LRFD CCP-14**

PRESENTADO POR

Oscar Alejandro Carrillo Murte Cód. 505164

Luis Miguel Lozano Peñuela Cód. 505235

**FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
BOGOTÁ D. C.**

NOVIEMBRE 2018

**DISEÑO EN CONCRETO REFORZADO DEL NUEVO PUENTE “LAS DELICIAS”
PARA LA CONEXIÓN DE LOS MUNICIPIOS DE ALPUJARRA Y BARAYA
BAJO LA NORMA COLOMBIANA DE PUENTES LRFD CCP-14**

PRESENTADO POR

Oscar Alejandro Carrillo Murte Cód. 505164

Luis Miguel Lozano Peñuela Cód. 505235

TESIS

DOCENTE ASESOR

Santiago Nicolás Perilla

Ing. Civil

**FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
BOGOTÁ D. C.
NOVIEMBRE 2018**

II

NOTA DE ACEPTACIÓN

Jurado

Jurado

BOGOTÁ 20/11/2018



Atribución-NoComercial 2.5 Colombia (CC BY-NC 2.5)

La presente obra está bajo una licencia:

Atribución-NoComercial 2.5 Colombia (CC BY-NC 2.5)

Para leer el texto completo de la licencia, visita:

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.5/co/>

Usted es libre de:



Compartir - copiar, distribuir, ejecutar y comunicar públicamente la obra

hacer obras derivadas

Bajo las condiciones siguientes:



Atribución — Debe reconocer los créditos de la obra de la manera especificada por el autor o el licenciante (pero no de una manera que sugiera que tiene su apoyo o que apoyan el uso que hace de su obra).



No Comercial — No puede utilizar esta obra para fines comerciales.

AGRADECIMIENTOS

Principalmente queremos agradecerle a Dios por la vida que nos ha regalado, también por cada persona que nos colocó en el camino para la realización de este proyecto en especial al Ingeniero Santiago Nicolás Perilla, por creer en nosotros, ser fuente de inspiración y cómplice de todo lo que nosotros quisimos implementar mediante lo aprendido, Al ingeniero Jaime Garzón por su excelente desempeño en el área de puentes, inspiración para nosotros en nuestra etapa de formación, siendo un gran ejemplo a seguir.

Los docentes que se cruzaron a lo largo de nuestra carrera de pregrado, por infundir todo su conocimiento y disponibilidad hacia nosotros que seguiremos siendo aprendices a pesar de culminar esta etapa como estudiantes de ingeniería civil.

Para que el mal triunfe, solo se necesita que los hombres buenos no hagan nada...

Edmund Burke

DEDICATORIAS

El amor recibido durante esta instancia, la paciencia y la dedicación con la que cada día se preocupaba mi familia, gracias en especial a Jerónimo Lozano Moreno mi hijo por ser el motor en mi vida y a mi madre Martha Esperanza Peñuela López por ser la principal promotora de mis sueños, mi desarrollo en esta etapa que acaba de culminar se refleja en la gran persona que me convertido hoy en día y en el profesional que demostrare ser de ahora en adelante siendo así para toda la vida.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	11
INTRODUCCIÓN	12
GENERALIDADES	13
ANTECEDENTES	13
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	15
Descripción del problema.	15
Formulación del problema.	18
OBJETIVOS	19
Objetivo General.	19
Objetivo Específico.	19
JUSTIFICACIÓN	20
DELIMITACIÓN	22
Espacio.	22
Tiempo.	22
Contenido	22
Alcance.	22
Limitaciones	23
MARCO DE REFERENCIA.....	24
METODOLOGIA	30
Fuentes de Información	30
DISEÑO METODOLOGICO	30

FASE 1: Inspección y recopilación de información	30
FASE 2: Diseño y análisis de la estructura.....	31
FASE 3: SOCIALIZACIÓN DE RESULTADOS	89
CONCLUSIONES	91
RECOMENDACIONES	92
BIBLIOGRAFIA	94

TABLA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Imagen capa de rodadura puente actual “Las Delicias” fuente propia	15
Ilustración 2Cables Tensores del puente actual “Las Delicias” fuente propia	16
Ilustración 3 Imagen Deterioro acero estructural puente actual “Las Delicias” fuente propia	16
Ilustración 4Imagen Distancia entre Alpujarra- Tolima y Neiva-Huila	28
Ilustración 5Imagen Distancia entre Alpujarra- Tolima e Ibagué-Tolima	29
Ilustración 6 Barrera de trafico	32
Ilustración 7Características de camión de diseño C-14. Tomado de: CCP-14.	35
Ilustración 8 Cargas permanentes, peso propio del puente (DC).	36
Ilustración 9 Peso del pavimento (DW).	36
Ilustración 10 Envolverte total para carga viva (LL).	36
Ilustración 11 Sección Transversal	47
Ilustración 12 Área Sección esquina	49
Ilustración 13 Diagramas DC, DW, Dcarril	52
Ilustración 14 Camión C14 sección longitudinal.....	54
Ilustración 15 Diagrama de momento y cortante carga viva C14	55
Ilustración 16 Área Sección esquina	56
Ilustración 17 Regla de la Palanca	58
Ilustración 18 Cargas C14	66
Ilustración 19 Cortante de cargas C14	66
Ilustración 20 Diagrama de cortante	69

Ilustración 21 Figura 3.10.2.1-1 Aceleración del pico horizontal del terreno	76
Ilustración 22 Figura 3.10.2.1-2 Coeficiente de aceleración espectral horizontal para un periodo de vibración de 0,2 segundos (Ss) Norma Colombiana de Puentes CCP-14	77
Ilustración 23 Figura 3.10.2.1-3 Coeficiente de aceleración espectral horizontal para un periodo de vibración de 0,1 segundos (S1) Norma Colombiana de Puentes CCP-14	78
Ilustración 24 Espectro de aceleraciones de diseño	81
Ilustración 25 Modo de vibración 1	83
Ilustración 26 Valores pilas y vigas cabezales 1	84
TABLA DE TABLAS Tabla 1 Datos entregados por el programa SAP-2000 ¡Error! Marcador no definido.	
Tabla 2 Aceros Requeridos	38
Tabla 3 Refuerzos Transversales	42
Tabla 4 Varillas de distribución	44
Tabla 5 Refuerzos por contracción y temperatura	45
Tabla 6 Características camión C14	54
Tabla 7 Teorema de Steiner	55
Tabla 8 Cantidad de acero que se requiere a 2 metros	64
Tabla 9 Cantidad de acero que se requiere a 3 metros	64
Tabla 10 Cantidad de acero que se requiere a 4,7 metros	65
Tabla 11 Teorema de Steiner	65
Tabla 12 Características del perfil	80
Tabla 13 Tabla 3.10.3.2-1 Valores de factor de sitio Fpga, en el periodo de vibración cero del espectro de aceleraciones	80
Tabla 14 Tabla 3.10.3.2-2 Valores de factor de sitio Fa, en el intervalo de vibración cortos del espectro de aceleraciones	80
Tabla 15 Tabla 3.10.3.2-3 Valores de factor de sitio Fv, en el intervalo de periodos de vibración largos del espectro de aceleraciones	81
Tabla 16 Tabla Valores de aceleración en el espectro de diseño	83
Tabla 17 Valores pilas y vigas cabezales 1	85

Tabla 19 cantidades y presupuestos estimados88

1. RESUMEN

La problemática socio económica que presenta el municipio de Alpujarra-Tolima tiene como origen el estado actual del puente “Las Delicias” debido a que este municipio se abastece en su mayoría de productos provenientes de la capital del departamento de Huila, así mismo por su cercanía geográfica y relevancia en sus productos de exportación se hace primordial el comercio con el mismo, los casi 5000 habitantes de este municipio se encuentran en un riesgo inminente debido a que este puente es paso obligado.

El diseño del nuevo puente “Las Delicias” en sistema losa-viga brindaría seguridad en la comunidad, supliendo la tarea del ya existente conociendo de ante mano que este cumplirá con los parámetros basados en el Código Colombiano de Puentes LRFD CCP-14.

2. INTRODUCCIÓN

En el presente documento se realizará el diseño estructural del nuevo puente Las Delicias sobre el río cabrera, reemplazando la utilidad del ya existente conservando su estructura para no llevar a cabo una demolición debido a que es el único medio por el cual se comunican los municipios de Alpujarra-Tolima y Baraya-Huila, estableciendo una solución a los riesgos que presenta el mal estado del mismo.

Teniendo conocimiento previo sobre el puente Las Delicias se encuentra en un estado de deterioro que se puede observar fácilmente, se propone realizar un nuevo diseño estructural implementando el sistema constructivo losa-viga ya que el existente se encuentra diseñado bajo el parámetro de puente atirantado; la estructura no cuenta con garantía frente a los requisitos necesarios impuestos por la normatividad de diseño actual; debido a que sus parámetros de construcción son muy antiguos; y al ser parte de la carretera principal de abastecimiento comercial del municipio de Alpujarra, la cual comunica el sur del departamento del Tolima con el norte del departamento del Huila, el nivel de tránsito que el puente recibe actualmente puede generar una alta vulnerabilidad del mismo.

Con el presente trabajo, se desea el diseño de una nueva estructura que no solo cumpla con la normatividad establecida en la Norma Colombiana de puentes LRFD CCP-14; sino que además de esto, cumpla con la demanda que se tendrá de los municipios colindantes y la futura a lo largo de la vida útil de la estructura; así como los requerimientos geométricos establecidos necesarios para el correcto desarrollo del tránsito en la vía; finalmente adicionando un análisis de costo básico para el desarrollo de la estructura.

3. GENERALIDADES

3.1. ANTECEDENTES

El puente Las Delicias sobre el río Cabrera, fue inaugurado en el año 1967 entre el municipio de Alpujarra, Tolima y el municipio de Baraya, Huila comunicando a estos dos departamentos vía terrestre superando un obstáculo para el desarrollo de ambas regiones, el problema se genera debido a que esta estructura no se le ha realizado un mantenimiento óptimo y su estado no es el adecuado para la población; con base en lo anterior, se busca encontrar la solución más viable para los departamentos involucrados llevando a cabo el diseño de una estructura nueva.

En el plan de desarrollo contemplado para el municipio se empezó a implementar una mejora en el trazado de vía que conecta al puente Las Delicias sobre el río Cabrera con el municipio de Dolores, Tolima pasando por Alpujarra, Tolima la cual realizará una conexión generando un punto de intersección entre la vía Dolores Alpujarra; Baraya-Alpujarra por medio del puente.

En trabajo conjunto, ambas alcaldías han presentado licitaciones públicas para la implementación de una solución de esta problemática, hasta la actualidad se ha realizado la quinta posible adjudicación del contrato siendo las anteriores cuatro terminadas anormalmente después de convocatoria, debido a anomalías en contrato o presupuestos demasiado elevados dentro de la estimación de costo de los dos municipios.

Este puente es un eje de conexión comercial entre los dos departamentos, por este motivo es una vía de desarrollo económico del municipio de Alpujarra; debido a que la mayoría de insumos y productos se comercializan con el departamento del Huila por su cercanía a la ciudad de Neiva, la cual se encuentra a dos horas por vía terrestre; se hace necesaria llegar a una rápida solución ya que es necesario para

que la integridad financiera de los municipios no se vea afectada, así como se busca garantizar la seguridad de todas aquellas personas que transitan por la estructura.

En este trabajo se presentará una posible solución ante la necesidad de movilidad de ambos municipios sobre el río Cabrera debido a que este cruce es el único punto de conexión terrestre entre los municipios, por el cual transitan diferentes productos comercializables para el desarrollo de las regiones; mejorando un desarrollo a la infraestructura local por el posible reemplazo de una estructura antigua; o la posible toma de este como Patrimonio Nacional.

4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

4.1. Descripción del problema.

El puente Las Delicias, sobre el río Cabrera ubicado entre los municipios de Alpujarra (Tolima) y Baraya (Huila) presenta en la actualidad desgaste y deterioro a nivel estructural evidente. La falta de un mantenimiento adecuado y el cambio de tránsito sobre el puente, han generado la posibilidad de un colapso de la superestructura. Presenta deterioros en los cables, la capa de rodadura al punto que fue reemplazada por láminas de madera y, sumado a esto, el pórtico estructural sufre una deformación cíclica debida a las cargas de tránsito, acelerando los procesos de fatiga en la estructura metálica.

Ilustración 1. Imagen capa de rodadura puente actual "Las Delicias"



Fuente propia

Se evidencia la carencia de la capa de rodadura en el puente, en donde la comunidad ha decidido reemplazarlo por arena, gravillas y en algunos casos láminas de madera.

Ilustración 2 Cables Tensores del puente actual "Las Delicias"



Fuente propia

Existe presencia de corrosión en los elementos tensores, esto se ve reflejado en que se reduce su resistencia.

Ilustración 3 Imagen Deterioro acero estructural puente actual "Las Delicias"



Ffuente propia

Se observa el deterioro del acero por agentes químicos los cuales se ven involucrados en el momento en que el elemento pierde resistencia.

Conociendo su antigüedad y proceso constructivo, se puede apreciar que el puente no cumple con los parámetros de seguridad, teniendo en cuenta que para la fecha de construcción en el año (1967) no existían los Códigos de Diseño de puentes en Colombia. Además, se evidencian faltas para el cumplimiento de los requisitos geométricos que se exigen actualmente, ya que este no cuenta con la geometría para dar tránsito en doble sentido y no responde a las necesidades de la población que lo utiliza.

Se diseña un puente en sistema losa-viga, en estructura de concreto reforzado, cumpliendo con los parámetros establecidos por la Norma Colombiana de Puentes CCP-14 vigente, teniendo en cuenta cada parámetro que se exige frente al diseño de: superestructura que está compuesta principalmente por la losa y las vigas que se encuentran referenciados en las secciones 2,3,4,5,6 y 9 de la Norma; en lo que refiere a la infraestructura y viga cabezal se diseña bajo las secciones 3,5 y 11 de la misma.

Se realiza el cálculo de cantidad de materiales que se utilizan en el diseño del puente, en donde se ven involucrados la cantidad volumétrica del concreto y el peso total de acero, basados en este cálculo se realiza un presupuesto estimado de los materiales utilizados.

Se tienen en cuenta los parámetros del Manual Geométrico de Carreteras para el diseño de: Calzada, Berma, Ancho peatonal y Barandas de protección del nuevo puente “las delicias”.

4.2. Formulación del problema.

Para realizar un diseño correcto que satisfaga las necesidades socio económicas de la región, Se realizó una inspección visual del estado actual del puente existente, conociendo de anterioridad que este no fue construido bajo ningún parámetro o norma que rija en la actualidad debido a su antigüedad, siendo además una estructura que se encuentra en riesgo máximo de colapso debido a su mal estado físico y estructural, generando riesgo para todas aquellas personas que son obligadas a transitar por el debido a que no existe otra ruta que comunique a los dos municipios, Se plantea este proyecto investigativo como una solución ante la dificultades que viene presentado el puente Las Delicias. Razón por la cual nos planteamos los siguientes cuestionamientos, que pretendemos atender en el presente documento:

¿Cómo se realizaría el diseño en concreto reforzado del nuevo puente Las Delicias garantizando la viabilidad económica, cumpliendo los requerimientos geométricos y diseño estructural de la normatividad vigente?

5. OBJETIVOS

5.1. Objetivo General.

Diseñar un puente en concreto armado para la conexión entre los municipios de Alpujarra (Tolima) y Baraya (Huila) como solución a las fallas estructurales que posee el puente existente.

5.2. Objetivo Específico.

- Realizar diseño estructural de un puente en concreto reforzado, de acuerdo a los lineamientos del Código Colombiano de Puentes 14.
- Atender a todas las recomendaciones de diseños viales, establecidos en Colombia, por el instituto nacional de vías (INVIAS) o su homólogo internacional (AASHTO).
- Generar un diseño que responda a las necesidades socio-económicas de la región, sin omitir los factores de sitio (Topografía, hidrología, etc.).
- Generar un presupuesto y análisis APU, para la ejecución del proyecto tomando como referencia la información de licitación pública en Colombia para obra de infraestructura vial.

6. JUSTIFICACIÓN

Existen puentes en todos los tamaños y dimensiones, los cuales ejecutan papeles importantes en el momento de ser protagonistas para evadir obstáculos, siendo también importante comunicar comunidades y mejorar la vida cotidiana, teniendo también en cuenta que también apoyan el desarrollo socio económico de todas estos departamentos, ciudades y municipios que se ven conectados por ellos.

En el plan de desarrollo contemplado para el municipio se empezó a implementar una mejora en el trazado de vía que conecta al puente Las Delicias sobre el río cabrera con el municipio de Dolores, Tolima pasando por Alpujarra, Tolima la cual realizará una conexión generando un punto de intersección entre la vía DoloresAlpujarra; Baraya-Alpujarra por medio del puente.

La falta de un mantenimiento adecuado y el cambio de tránsito sobre el puente, han generado la posibilidad de un colapso de la superestructura. Presenta deterioros en los cables, la capa de rodadura al punto que fue reemplazada por láminas de madera y, sumado a esto, el pórtico estructural sufre una deformación cíclica debida a las cargas de tránsito, acelerando los procesos de fatiga en la estructura metálica.

En trabajo conjunto, ambas alcaldías han presentado licitaciones públicas para la implementación de una solución de esta problemática, hasta la actualidad se ha realizado la quinta posible adjudicación del contrato siendo las anteriores cuatro terminadas anormalmente después de convocatoria, debido a anomalías en contrato o presupuestos demasiado elevados dentro de la estimación de costo de los dos municipios.

Este puente es un eje de conexión comercial entre los dos departamentos, por este motivo es una vía de desarrollo económico del municipio de Alpujarra; debido a que la mayoría de insumos y productos se comercializan con el departamento del Huila por su cercanía a la ciudad de Neiva, la cual se encuentra a dos horas por vía terrestre; se hace necesaria llegar a una rápida solución ya que es necesario para que la integridad financiera de los municipios no se vea afectada, así como se busca garantizar la seguridad de todas aquellas personas que transitan por la estructura.

En este trabajo se presentará una posible solución ante la necesidad de movilidad de ambos municipios sobre el río “Cabrera” debido a que este cruce es el único punto de conexión terrestre entre los municipios, por el cual transitan diferentes productos comercializables para el desarrollo de las regiones; mejorando un desarrollo a la infraestructura local por el posible reemplazo de una estructura antigua; o la posible toma de este como patrimonio nacional.

7. DELIMITACIÓN

7.1. Espacio.

El trabajo de investigación tecnológica se desarrolla entre los municipios de Alpujarra- Tolima y Baraya-Huila donde actualmente se encuentra el puente “las delicias” el cual se busca reemplazar.

7.2. Tiempo.

El diseño del nuevo puente “Las Delicias” se desarrollará durante un tiempo estimado de (6) meses

7.3. Contenido

Se documentará una memoria de cálculos en donde comprende el diseño de la superestructura la cual comprende principalmente por la losa y las vigas; así mismo también la infraestructura y viga cabezal con sus respectivos planos detallados, dentro de este también se encontrara el cálculo de cantidad de materiales que se utilizan en el diseño del puente, en donde se ven involucrados la cantidad volumétrica del concreto y el peso total de acero, basados en este cálculo se realiza un presupuesto estimado de los materiales utilizados.

De acuerdo a la información anteriormente descrita se plantea una propuesta preliminar del nuevo diseño del puente, evaluando la posibilidad más cercana a la realidad debido a que se implementan las normas vigentes para la construccion de este tipo de estructuras, tratando de solucionar una problemática socio económica que afecta a esta región.

7.4. Alcance.

El diseño se realizará bajos los parámetros y ubicación del puente existente que comunica a los municipios de Alpujarra-Tolima y Baraya-Huila, iniciando se optará por no generar un gran impacto ambiental en la zona, revisando las necesidades

socio económicas del municipio, de acuerdo con esto la propuesta debe ser de rápida aplicación para que este no vea afectada el desarrollo del municipio.

La finalidad del desarrollo de este proyecto de grado se basa directamente en realizar el diseño de la superestructura, basado en toda la normatividad establecida, mediante este también se elaborarán diseño de superestructura, infraestructura y planos; con el fin de llegar a producir un análisis de precios unitarios y presupuesto.

7.5. Limitaciones

Las principales limitaciones se presentan debido a que la zona en donde se realizará el diseño del puente no cuenta con las suficientes herramientas para realizar los estudios requeridos para el desarrollo de los mismos, tales como son los estudios hidrológicos, el levantamiento topográfico, y de suelos este último mencionado es requerimiento para la realización del diseño de cimentación y estribos impidiendo así el desarrollo de cualquier diseño consistente de la misma. Teniendo en cuenta que es una proyección de movilidad para el beneficio de la población un estudio de tránsito con un margen de error aceptable sería incierto; por lo que no se realizara. Garantizando así los diseños de losa, viga, dimensionamiento geométrico, pilas de soporte y vigas cabecal de las diferentes pilas.

8. MARCO DE REFERENCIA

8.1. Marco teórico

Se definirá como puente a aquella construcción en la cual se generará una plataforma elevada del suelo que presentará un tráfico de uno o más tipos de flujo característico, cuya función principal será superar un obstáculo, y deberá cumplir con las condiciones básicas de diseño; siendo estas: resistencia óptima, deformación compatible, y durabilidad. (Grattasat 1983)

La construcción de puentes inicia con la necesidad de los primeros hombres en superar obstáculos naturales para generar conexiones entre los puntos de recolección y los de asentamiento; (Giraldo et al. 2014) los obstáculos más comunes corresponden usualmente curso de agua, acantilados, depresiones con suaves pendientes, o el trazo de una ruta sobre una ladera sin afectar de manera significativa el entorno. Desde entonces se conoce lo que se denomina un puente, en el principio la construcción de puentes se limitaba a los materiales que el ser humano podía extraer de la naturaleza. (Giraldo et al. 2014)

Los registros arqueológicos se encontraron puentes de piedra con formaleta en madera (Cali 2013), y se construía perpendicular a la circulación del puente en donde se conocía el eje del mismo mediante una piedra clave y se conocía como arco de medio punto un tipo de sistema estructural que usa medio círculo.

En la edad media se utilizaban los arcos rebajados los cuales se construyen cuando no existe el espacio indicado para construir arcos de medio punto, (Mexiquense a Territorio 2007) este se concentraba en colocar el centro del arco un poco más abajo que el de medio punto, tienen contrafuerte a sus costados a que absorben la fuerza horizontal; (MORALES 2013) Después con el tiempo fueron apareciendo los puentes en hierro, acero, suspendidos o colgantes, arcos atirantados, atirantados, de arco, de cerchas y de losa y viga.

Este último sistema se desarrolló con el fin de ser construido en concreto reforzado ya sea con un acero A-36 o acero Grado 50; así mismo, solucionar los problemas

que se puedan presentar debido a las dimensiones de las luces largas, se realiza un concreto pre-esforzado consiguiendo reducir la cantidad de segmentos necesarios para cubrir el obstáculo que se presente. (Diana Milena Castro Triana 2017)

Para el correcto desarrollo de este tipo de estructuras, en la actualidad se hacen necesarios los estudios de ingenierías de vías, topográficas, hidrológicas, hidráulicas, geológicas, geotécnicas, estructurales, correcto análisis de presupuestos, cronograma de obra, y reducir los impactos ecológicos. (José a Rica 2015)

Para el énfasis de estudios estructurales se deben tener en cuenta los parámetros establecidos por la norma constructiva de puentes (CCP-14), definiendo así el camión con el cual se realizarán los cálculos necesarios para un óptimo desarrollo de la estructura. (Muñoz a Gómez 2013)

El procedimiento a seguir para el diseño de este tipo de estructuras arranca con el pre dimensionamiento de la superestructura, comenzando un avalúo de cargas muertas y vivas, las cuales deberán ser transmitidas a la estructura para continuar con un dimensionamiento de los apoyos de la estructura, cerciorándose que la cimentación soporte y así poder determinar las posibles modificaciones que se hacen necesarias para optimizar la estructura y garantizar los parámetros establecidos por el CCP-14. (The et al. 2000)

Sumado a los demás parámetros que certifiquen la seguridad estructural como un buen evaluó de la estructura se debe tener en cuenta que esta sea completamente funcional, factores como es el estudio socioeconómico; para garantizar el total cumplimiento, entrega de la obra satisfaciendo una necesidad prioritaria para la comunidad. (Diana Milena Castro Triana 2017)

Es de suma importancia determinar el posible impacto paisajístico y ambiental que este genere; Se observan los requerimientos para el cumplimiento de los parámetros geométricos siendo que estos pueden facilitar el tránsito, haciendo que

este resulte cómodo para los usuarios; definiendo también un costo mínimo de mantenimiento para el total de su vida útil. (Durante 2013)

8.2. Marco Conceptual

Un puente es una estructura que construyen los seres humanos para evadir o superar un obstáculo, el cual debe cubrir una distancia que será denominada como longitud, la que se encontrará compuesta por una o más luces; todo esto estipulado bajo la normatividad de código colombiano de puentes del año 2014 (CCP14);(Leiva 2015)publicada por el instituto nacional de vías (INVIAS) en el año 2015 bajo el título norma colombiana del diseño de puentes; que se definen como la distancia presente entre el centro de dos apoyos. Esta solución de obstáculo será recorrida en una dirección de circulación por la cual atravesarán las personas y los vehículos dentro del puente. (Durante 2013)

Este se compone de una superestructura dividida en un tablero y vigas de diferentes tipos, los tableros son elementos rígidos resistentes por el cual circulan los vehículos que tienen la necesidad de superar el obstáculo, son el principal determinante cuando existen vientos fuertes; las vigas permiten una mejor adaptación a las circunstancias de diseño ya que pueden ser de diferentes tipos, encargándose de transmitir la carga portante hacia la infraestructura. (Leiva 2015)

El sistema de losa-viga implementa un elemento estructural cuya función es brindar un apoyo de propiedades únicas y de restricciones variables permitiendo una mayor flexibilidad en el caso que se presente un evento sísmico disminuyendo los daños que se pueda generar en la estructura debido a este fenómeno natural. (Yamin a Ruiz nedatováno)

Por otro lado la infraestructura se compone por una viga cabezal, pilas y cimentación, la primera mencionada se encarga de unificar las cargas puntuales de las vigas que soportan la losa,(Camacho 2010)seguidas de ellas se ubican las pilas que son elementos esbeltos que trabajan principalmente a comprensión soportando todas las cargas que recibe la estructura transfiriéndolas a la cimentación, la cual

se encarga de realizar todo el proceso de interacción dinámica entre suelo y estructura asegurando la estabilidad del elemento construido.(Leiva 2015)

Conociendo el periodo de tiempo en el cual se basa la derivación estadística de las cargas transitorias o llamado técnicamente ciclo de vida de diseño, se puede realizar un estimado del ciclo de vida de servicio que es la durabilidad real de la estructura, teniendo en cuenta el estado límite de resistencia que la relaciona con la estabilidad como también con el límite de servicio donde encontramos la relación de tensiones, deformaciones y tipos de fracturas bajo condiciones de operación. (Tuan 2004)

Finalmente se debe tener cuidado si se presenta un cambio considerable en la geometría del puente ya que esto inhabilita su uso generando un colapso de la misma. (Cardona a Cabrera 2014)

8.3. Marco legal

“Las disposiciones de esta norma, esta concebidas para diseño, evaluación y rehabilitación de puentes viales tanto fijo como móviles. Sin embargo, no se incluyen aspectos mecánicos, eléctricos y de seguridad para los vehículos y peatones en puentes móviles. No se incluyen disposiciones para puentes exclusivamente ferroviarios ni para los usados en el tendido de servicios públicos. Esta norma se puede aplicar para puentes que no estén completamente cubiertos en el alcance de estas, incluyendo criterios de diseño adicionales donde se requieran”.

Norma Colombiana de puentes LRFD CCP-14(Giraldo et al. 2014)

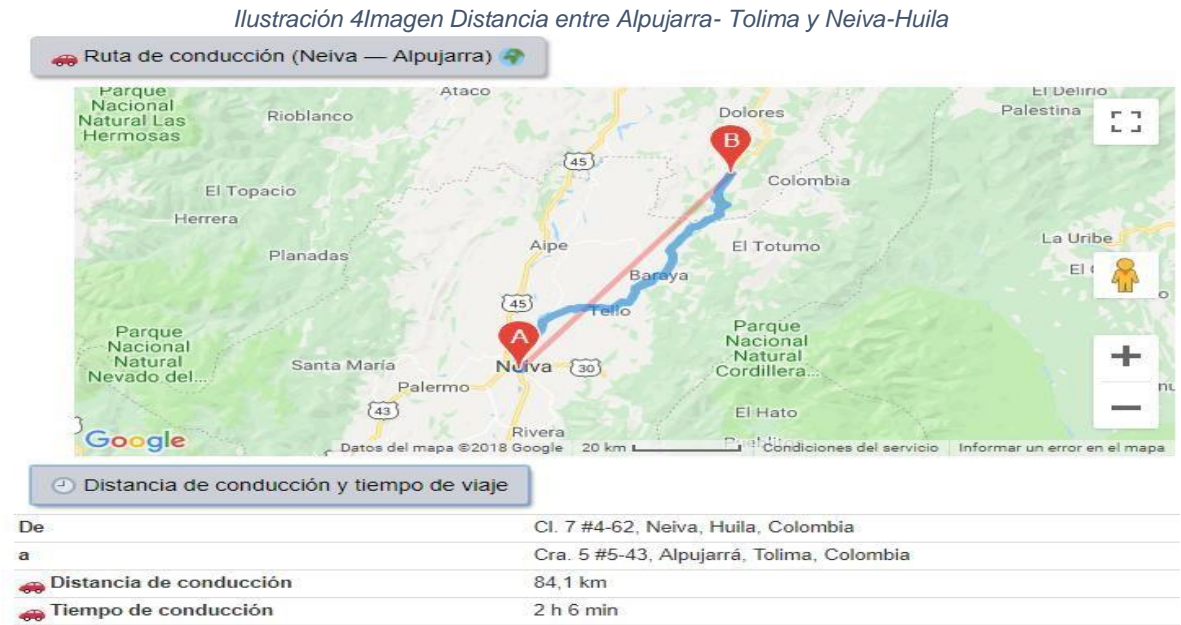
8.4. Marco histórico

El Municipio de Alpujarra-Tolima se encuentra geográficamente más cercano a Neiva, capital del departamento del Huila, por tal razón desde su fundación todo su desarrollo socio económico se ha reflejado hacia el lado Huilense a pesar de ser el último municipio al sur este del departamento del Tolima,[20] debido a que su desarrollo se ve reflejado en el cultivo de café, piña, cebolla, y frutas de clima templado se ven obligados a comercializar con municipios y ciudades que tengan

una cercanía relativa para no perder grandes cantidades de estos vienes comerciales.

La optima ruta comercial de los casi 5000 habitantes que viven de la producción agrícola ya mencionada se encuentra en riesgo debido a que el puente de conexión ya ha superado su vida útil.

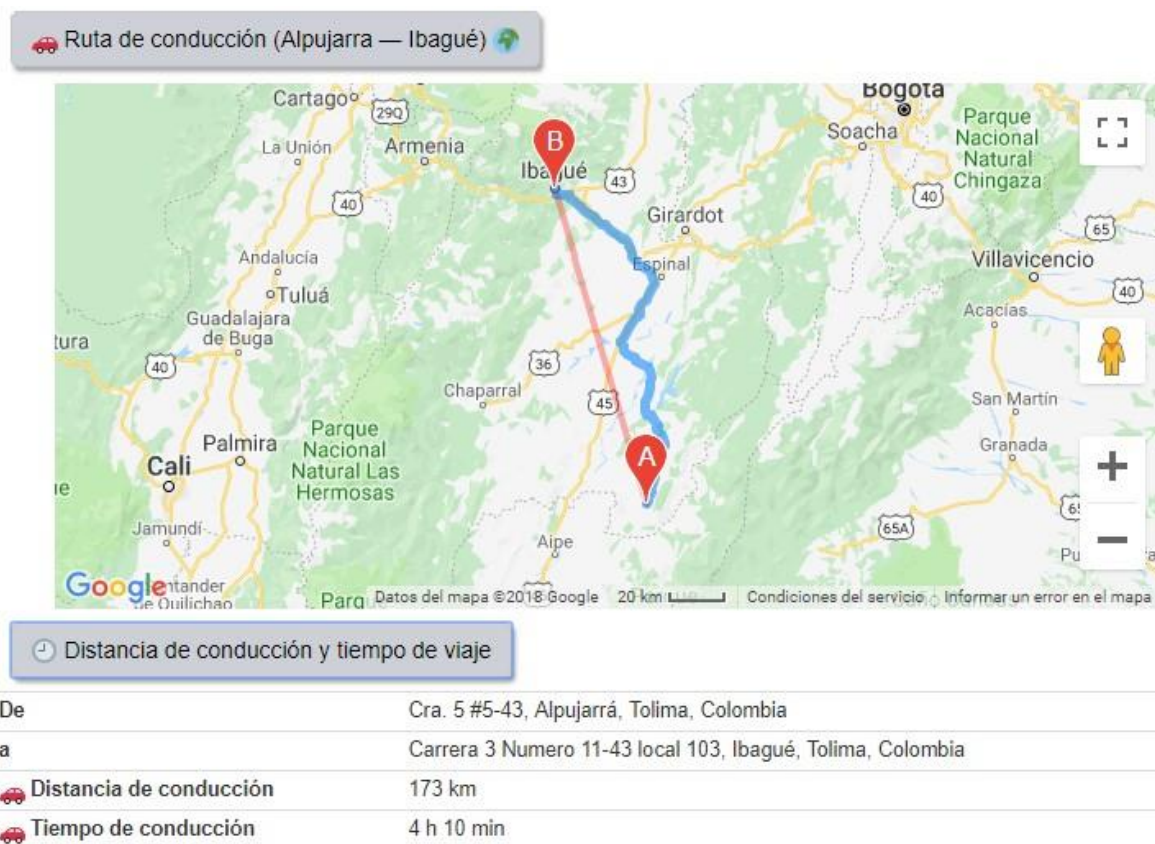
La cercanía del municipio de Alpujarra- Tolima a la capital del departamento del Huila, Neiva se calcula aproximadamente en 2 horas y 10 minutos.



fuelle: google maps

Mientras que la distancia entre el municipio de Alpujarra- Tolima a Ibagué capital del departamento del Tolima se estimula en 4 horas y 10 minutos, el estado de la vía no es el mejor generando que el trayecto tenga una mayor duración.

*Ilustración 5*Imagen Distancia entre Alpujarra- Tolima e Ibague-Tolima



fuelle: google maps

La preocupación aumenta cada vez más debido a que la comunidad desafía el peligro diariamente cuando tiene la necesidad de exportar sus mercados hacia la ciudad de Neiva e importar de la misma materias que necesita para su consumo, este peligro se ve reflejado en que el puente “Las Delicias” se encuentra en muy mal estado estructural, lo que lleva a la comunidad a descender de los vehículos y estos pasen solamente con la carga agrícola que se desea vender o los diferentes artículos que son necesarios para subsistir.

9. METODOLOGIA

9.1. Fuentes de Información

La información para la elaboración de este documento proviene principalmente del Código Colombiano de Puentes LRFD CCP-14, el cual recrea unas secciones y parámetros para el diseño de puentes en Colombia, así mismo se utilizan bases de datos o temáticas similares desarrolladas alrededor de todo el mundo.

Se tienen en cuenta también, bases de datos para la generación de prepuestos, materiales necesarios para la creación de la superestructura y la infraestructura del puente, por otro lado, se recurre a otro tipo de fuentes como informes, artículos científicos, trabajos de pregrado, trabajos de postgrado, reportes y páginas web para información específica de las entidades oficiales de las diferentes temáticas que dan lugar a la recopilación de la información base.

9.2. DISEÑO METODOLOGICO

Se diseña la superestructura y la infraestructura para lo que sería el nuevo puente “Las Delicias” a través de fases en donde se irán realizando diferentes actividades, en la primera fase se generara recopilación de datos e información básica que conlleve a un buen desarrollo del planteamiento de la problemática, hasta la entrega final del diseño con sus respectivos planos y presupuestos.

9.3. FASE 1: Inspección y recopilación de información

Se realizará una inspección de la superestructura actual y sus terrenos colindantes en la cual se encontrará la información correspondiente a la topografía del lugar y así mismo realizar un análisis visual sobre las dimensiones y los requerimientos necesarios con los que el puente nuevo

debe contar para satisfacer las necesidades locales. La cual esta detallada en el marco histórico.

9.4. FASE 2: Diseño y análisis de la estructura.

□ DIMENSIONES:

Ancho del puente:

$$Ap = \text{longitud del carril} + \text{longitud de la berma} + \text{ancho del anden libre} + \text{ancho barrera de trafico} + \text{ancho barrera peatonal}$$

Variables

$$LC = (2 \times 3,65m) = 7,3 m$$

$$LB = (1,2m + 1,8m) = 3 m$$

$$AP = 2,04 m$$

$$AB = 0,36m$$

$$ABP = 0,5 m$$

$$Lvd = LC + LB + AP + 2 \times AB + ABP$$

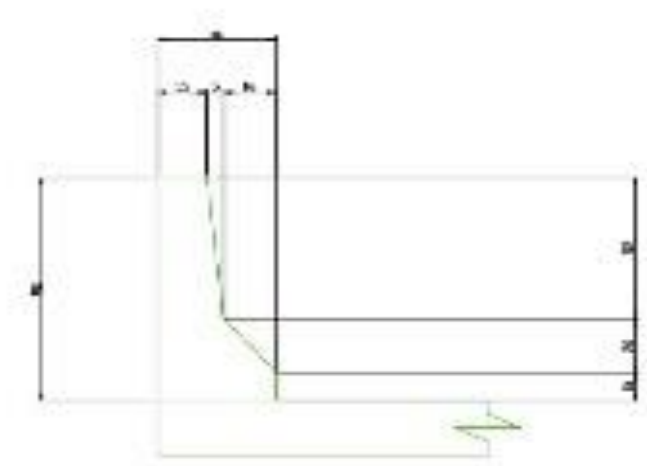
$$Lvd = 3,7m + 3m + 2,04m + 2 \times 0,36m + 0,5m$$

$$Lvd = 13,62 m$$

Area barrera del trafico:

$$BT = (0,10m \times 0,36m) + \left(\frac{0,20m \times 0,16m}{2}\right) + (0,20m \times 0,20m) + (0,15m \times 0,52m) + \left(\frac{0,05m \times 0,52m}{2}\right)$$

$$BT = 0,183m^2$$



Fuente: autores

Espesor de la losa:

$$tL = \frac{3400mm + 1800mm}{30}$$

$$tL = 0,173m$$

$$t = 200mm = 20cm$$

Se aproxima tL a 20 cm por facilidad de construcción

□ CARGAS PERMANENTES:

*Peso de la losa (WL) = espesor de la losa * peso unitario del concreto*

$$WL = 24 \frac{kN}{m^3} \times tL$$

$$WL = 24 \frac{kN}{m^3} \times 0,2m$$

$$WL = 4,8 \frac{kN}{m^2}$$

*Peso pavimento (Wpav) = espesor pavimento * peso unitario de pavimento*

$$Wpav = 0,05m \times 22 \frac{kN}{m^3}$$

$$Wpav = 1,1 \frac{kN}{m^2}$$

*Barrera de trafico = area barrera de trafico * peso unitario del concreto*

$$WBT = BT \times 24 \frac{kN}{m^3}$$

$$WBT = 0,183m^2 \times 24 \frac{kN}{m^3}$$

$$WBT = 4,392 \frac{kN}{m}$$

*Guarda pie = Area de guarda pie * Peso unitario del concreto*

$$GP = 0,1m \times 0,1m \times 24 \frac{kN}{m^3}$$

$$GP = 0,24 \frac{kN}{m}$$

Peso barrera = Peso barrera patonbal metalica + Guarda pie

$$WB = 0,5 \frac{kN}{m} + GP$$

$$WB = 0,5 \frac{kN}{m} + 0,48 \frac{kN}{m}$$

$$WB = 0,98 \frac{kN}{m}$$

FRANJA EQUIVALENTE:

Voladizo

$$FE_v = 1140 + 0,833x$$

Donde:

X = Distancia desde la carga al punto de apoyo (mm).

$$FE_v = 1140mm + 0,883 \times (760mm) = 1773.08mm$$

$$FE_v = 1,77m$$

Momentos Negativos:

$$FE_{MN} = 1220 + 0,25s$$

Donde:

S= Espaciamiento entre apoyos (mm).

$$FE_{MN} = 1220mm + 0,25 \times (1800mm)$$

$$FE_{MN} = 1670mm$$

$$FE_{MN} = 1,67m$$

Momentos Positivos:

$$FE_{MP} = 660 + 0,55s$$

$$FE_{MP} = 660mm + 0,55 \times (1800mm)$$

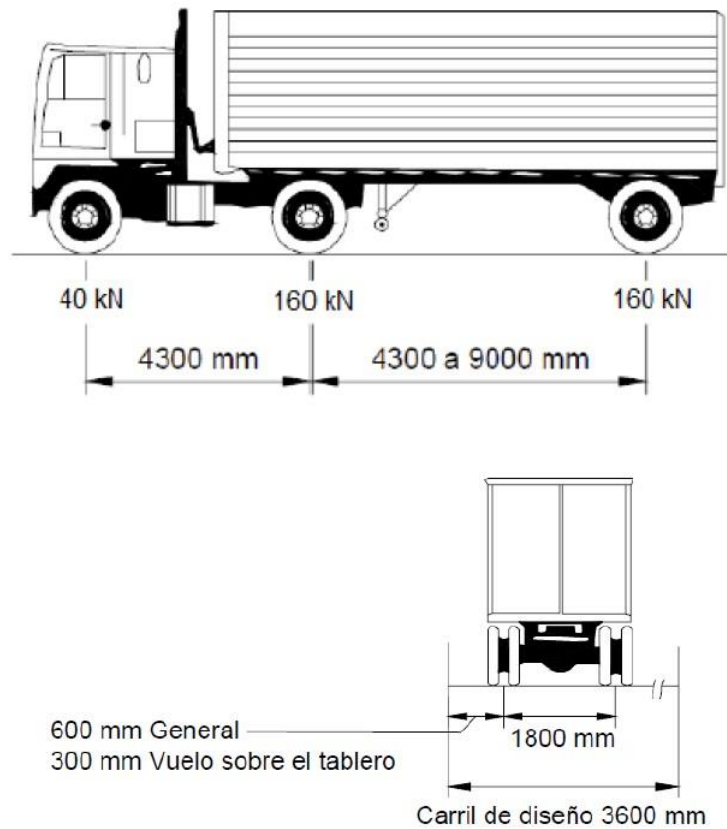
$$FE_{MP} = 1650mm$$

$$FE_{MP} = 1,65m$$

□ MOMENTO ÚLTIMO RESISTENTE:

Se introdujeron las cargas de un camión de diseño C-14 descritas en la Norma Colombiana de Puentes (CCP-14) en el programa SAP-2000 en diferentes situaciones de carga.

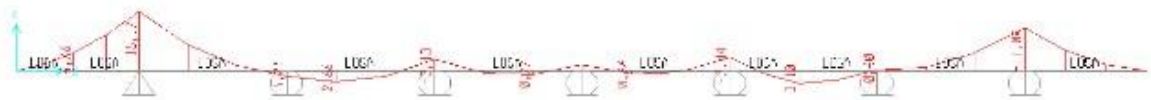
Ilustración 7 Características de camión de diseño C-14.



Fuente: CCP-14.

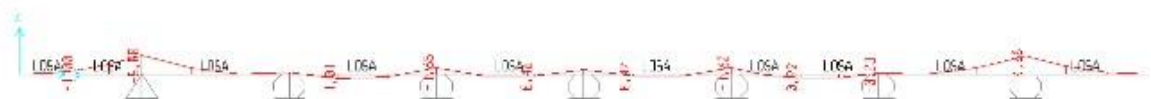
De esta forma se obtienen las cargas vivas provocadas por el movimiento de distintas situaciones de carga de camiones C-14 (LL) en forma de envolvente total, el peso propio del puente con accesorios (DC) y el peso del pavimento (DW).

Ilustración 8 Cargas permanentes, peso propio del puente (DC).



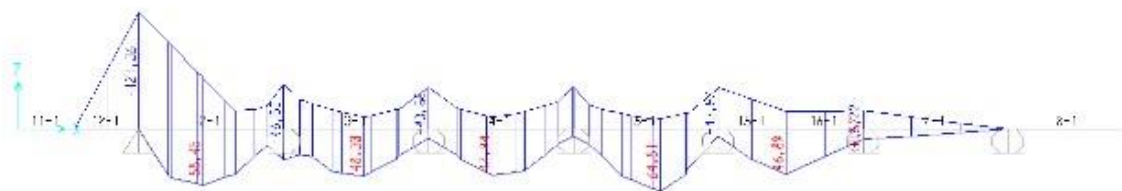
Fuente: autores

Ilustración 9 Peso del pavimento (DW).



Fuente: autores

Ilustración 10 Envolvente total para carga viva (LL).



Fuente: autores

Tabla 1 Datos entregados por el programa SAP-2000

DC (KN*m/m)	M(-)	-4,76	-3,70	2,660	0,90	0,77	3,10	-2,85	-4,76
	M(+)	-15,17	1,21	-3,13	-1,63	-3,44	-0,40	-15,17	
DW (KN*m/m)	M(-)	-1,00	-0,90	1,08	0,58	0,61	0,92	-0,65	-1,00
	M(+)	-5,00	-0,46	-1,65	-1,28	-1,62	-0,23	-5,00	
LL (KN*m)	M(-)		58,45	48,30	47,84	64,81	46,87	-9,04	
	M(+)	-121,36	-46,53	-43,58	-43,57	-43,57	-19,22	-121,36	
FR (m)	M(-)	1,77	1,67	1,67	1,67	1,67	1,67	1,67	1,67
	M(+)	1,65	1,65	1,65	1,65	1,65	1,65	1,65	1,65
LL (KN*m/m)	M(-)	0,00	35,00	28,92	28,65	38,81	28,07	-5,41	0,00
	M(+)	-73,55	-28,20	-26,41	-26,41	-26,41	-11,65	-73,55	
IMP (KN*m/m)	M(-)	0,00	11,55	9,54	9,45	12,81	9,26	-1,79	0,00
	M(+)	-24,27	-9,31	-8,72	-8,71	-8,71	-3,84	-24,27	
RESISTENCIA I (KN*m/m)	M(-)	-7,45	75,49	72,26	68,67	92,20	70,58	-17,14	-7,45
	M(+)	-197,65	-64,81	-67,86	-65,42	-68,19	-27,96	-197,65	

Fuente: autores

- CARGA VIVA DE DISEÑO:**

$$LL_{\text{diseño}} = \frac{LL}{FEv}$$

$$LL_{\text{diseño}} = \frac{121,36 \text{ kN} \cdot \text{m}^2}{1,77}$$

$$LL_{\text{diseño}} = 73,55 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

- IMPACTO:**

$$IM = 0,33 \times LL_{\text{Diseño}}$$

$$IM = 0,33 \times 73,55 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$IM = 24,27 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

- **MOMENTO ÚLTIMO RESISTENTE:**

$$I = 1,25 \times DC + 1,5 \times DW + 1,75 \times (LL_{\text{diseño}} + IM)$$

$$I = 1,25 \times (15,17 \text{ kN} \cdot \text{m}) + 1,5 \times (5 \text{ kN} \cdot \text{m}) + 1,75 \times (73,55 \text{ kN} \cdot \text{m} + 24,27 \text{ kN} \cdot \text{m})$$

$$I = 197,65 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

- **ÁREA DE ACERO:**

$$Ap = \text{Longitud del carril} + \text{longitud de la berma} + \text{ancho del anden libre} \\ + \text{ancho barrera de trafico} + \text{ancho barrera peatonal}$$

$$t = 200 \text{ mm}$$

$$\text{Recubrimiento} = 65 \text{ mm}$$

$$\text{Recubrimiento \#2} = 25 \text{ mm}$$

$$D = t - \text{Recubrimiento} - \frac{19}{2} \text{ mm}$$

$$D = 200 \text{ mm} - 65 \text{ mm} - \frac{19}{2} \text{ mm}$$

$$D = 125,5 \text{ mm}$$

$$Mu = 197,65 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$b = 1000 \text{ mm}$$

$$h = 210 \text{ mm}$$

$$p = 0,033323818$$

$$\phi Rn = \frac{Mu}{b \times d^2} = 11,65 \text{ N/mm}^2$$

$$As = p \times b \times d$$

$$As = 5127,51 \text{ mm}^2$$

- **ÁREA DE ACERO POSITIVO:**

$$D2 = t - \text{recubrimiento} 2 - \frac{19}{2} \text{ mm}$$

$$D2 = t - 25 \text{ mm} - \frac{19}{2} \text{ mm}$$

$$D2 = 165,5 \text{ mm}$$

$$Mu = 75,49 \times 10^6 \text{ kNxmm}$$

$$\varphi Rn = \frac{Mu}{b \times D2^2} = 2,60 \text{ kN/mm}^2$$

$$P2 = 0,0074$$

$$As = P2 \times b \times D2$$

$$As = 1254,73 \text{ m} \times \text{mm}^2/\text{m}$$

• **ÁREA DE ACERO NEGATIVO:**

$$D2 = t - \text{recubrimiento} 2 - \frac{19}{2} \text{ mm}$$

$$D2 = 165,5 \text{ mm}$$

$$Mu = 64,81 \times 10^6 \text{ kNxmm}$$

$$\varphi Rn = \frac{Mu}{b \times D2^2} = 4,065 \text{ kN/mm}^2$$

$$P3 = 0,0112$$

$$As = P3 \times b \times D2$$

$$As = 1461,24 \text{ m} \times \text{mm}^2/\text{m}$$

Tabla 2 Aceros Requeridos

Rn (N/mm ²)	M(-)	0,3532	3,5785	3,4256	3,2553	4,3710	3,3458	0,8124	0,3532
	M(+)	9,3698	3,0725	3,2170	3,1011	3,2326	1,3253	9,3698	
p	M(-)	0,0036	0,0104	0,0099	0,0094	0,0131	0,0097	0,0036	0,0036
	M(+)	0,0311	0,0088	0,0093	0,0089	0,0093	0,0036	0,0311	
As (mm ²)	M(-)	521,88	1514,34	1442,70	1363,87	1898,46	1405,68	521,88	521,88
	M(+)	4518,11	1280,19	1346,27	1293,21	1353,42	526,10	4518,11	

Fuente: autores

- REFUERZOS DE ACERO
- NEGATIVO

Para 2974,55

$$As \varphi 3/4" = 284 \text{ mm}^2$$

$$AsVol(A) = 4669,96 \text{ mm}^2$$

$$As1 = 284 \text{ mm}^2$$

$$X = \frac{As1}{AsVol(A)}$$

$$X = \frac{284 \text{ mm}^2}{4669,96 \text{ mm}^2}$$

$$X = \#11 \text{ c}/10\text{cm}$$

Número de barras:

$$\#B = \frac{AsVol(A)}{As1}$$

$$\#B = \frac{4669,96 \text{ mm}^2}{284 \text{ mm}^2}$$

$$\#B = 10,47 = 11 \text{ varillas}$$

Para

$$As \varphi 5/8" = 199 \text{ mm}^2$$

$$AsVol(A) = 4669,96 \text{ mm}^2$$

$$As1 = 199 \text{ mm}^2$$

$$X = \frac{As1}{AsVol(A)}$$

$$X = \frac{199 \text{ mm}^2}{4669,96 \text{ mm}^2}$$

$$X = \#10 \text{ c}/7\text{cm}$$

Número de barras:

$$\#B = \frac{AsVol(A)}{As1}$$

$$\#B = \frac{4669,96 \text{ mm}^2}{199 \text{ mm}^2}$$

$$\#B = 23,467$$

$$\#B = 23,46 = 24 \text{ varillas}$$

□ **POSITIVO** Para

1488,38

$$As \varphi 3/4" = 284 \text{ mm}^2$$

$$AsVol(A) = 1488,38 \text{ mm}^2$$

$$As1 = 284 \text{ mm}^2$$

$$X = \frac{As1}{AsVol(A)}$$

$$X = \frac{284 \text{ mm}^2}{1488,38 \text{ mm}^2}$$

$$X = 0,191$$

$$X = \#6 \text{ c}/20\text{cm}$$

Número de barras:

$$\#B = \frac{AsVol(A)}{As1}$$

$$\#B = \frac{1488,38 \text{ mm}^2}{284 \text{ mm}^2}$$

$$\#B = 5,241$$

$$\#B = 5,879 = 6 \text{ varillas}$$

Para 1446,9

$$As \varphi 5/8" = 199 \text{ mm}^2$$

$$AsVol(A) = 1488,38 \text{ mm}^2$$

$$As1 = 199 \text{ mm}^2$$

$$X = \frac{As1}{AsVol(A)}$$

$$X = \frac{199 \text{ mm}^2}{1488,38 \text{ mm}^2}$$

$$X = \#8 \text{ c}/14\text{cm}$$

Número de barras:

$$\#B = \frac{AsVol(A)}{As1}$$

$$\#B = \frac{1488,38 \text{ mm}^2}{199 \text{ mm}^2}$$

$$\#B = 7,271 = 8 \text{ varillas}$$

Tabla 3 Refuerzos Transversales

AS (mm ²)	M(-)	521,88	1514,34	1442,70	1363,87	1898,46	1405,68	521,88	521,88
	M(+)	4518,11	1280,19	1346,27	1293,21	1353,42	526,10	4518,11	
ESPACIO 5/8" (cm)	M(-)	30	13	13	14	10	14	30	30
	M(+)	4	15	14	15	14	30	4	
ESPACIO 3/4" (cm)	M(-)	30	18	19	20	14	20	30	30
	M(+)	6	22	21	21	20	30	6	
5/8"	M(-)	Suficiente acero	Suficiente acero	Suficiente acero	Suficiente acero	Suficiente acero	Suficiente acero	Suficiente acero	Suficiente acero
	M(+)	Suficiente acero	Suficiente acero	Suficiente acero	Suficiente acero	Suficiente acero	Suficiente acero	Suficiente acero	
3/4"	M(-)	Suficiente acero	Suficiente acero	Suficiente acero	Suficiente acero	Suficiente acero	Suficiente acero	Suficiente acero	Suficiente acero
	M(+)	Suficiente acero	Suficiente acero	Suficiente acero	Suficiente acero	Suficiente acero	Suficiente acero	Suficiente acero	

Fuente: autores

- **REFUERO DE DISTRIBUCION:**

- **ÁREA DE ACERO:**

$$\%As = \frac{3840}{\sqrt{S_v [mm]}} \leq 67\%$$

$$S_v = 1800$$

$$AS = \frac{3840}{\sqrt[2]{S_v}}$$

$$AS = \frac{3840}{\sqrt[2]{1800}}$$

$$AS = 90,51$$

$$AS = 90.51\% \text{ NO CUMPLE}$$

$$AS_{distribucion} = 0,67 \times (1558,87)$$

$$AS_{distribucion} = 1044,44 \text{ mm}^2/m$$

- **ESPACIAMIENTO**

Se usará acero de ½": $As=129 \text{ mm}^2$.

$$S = \frac{129}{AS_{distribucion}}$$

$$S = 0,12 \text{ m}$$

- **ESPACIO LIBRE:**

$$Espacio \text{ libre} = \frac{1,8 - 0,5 - 0,1}{0,1655}$$

$$Espacio \text{ libre} = 7,251$$

$$Espacio \text{ libre} = 14,698 = 15$$

$$Espacio \text{ Varillas} = 16$$

Tabla 4 Varillas de distribución

REFUERZO DE DISTRIBUCION O REPARTICION	
%AREA REFUERZO POSITIVO	67%
As distribucion mm^2	1271,971
Refuerzo de 1/2" cm	10
Cantidad	13

Fuente: autores

- **REFUERZO POR CONTRACCIÓN Y TEMPERATURA**

$$FyAcero = 420MPa$$

$$b = 1000 \text{ mm}$$

$$\text{Espesor de la losa} = 200 \text{ mm}$$

$$As = \frac{(0,75 * b * h)}{2 * (b + h) * fy}$$

$$As = \frac{(0,75 * b * \text{Espesor de la losa})}{2 * (b + \text{Espesor de la losa}) * fy}$$

$$As = \frac{(0,75 * 1000\text{mm} * 200\text{mm})}{2 * (1000\text{mm} + 200\text{mm}) * 420MPa}$$

$$As = 0,233 \text{ mm}$$

"As=0,233 mm². Cumple con la condición 0,233≤As≤1,27" Entonces:

$$As = 0,233 \text{ mm}^2$$

- **Espaciamiento:**

Se usará acero de 3/8": As=71 mm²

$$S = \frac{71}{AS_{distribucion}}$$

$$S = 0,30 \text{ m}$$

- **Espacios entre luces:**

$$Espacios = \frac{(1,8m - 0,5m - 2 * (0,05m))}{S}$$

$$Espacios = \frac{(1,8m - 0,5m - 2 * (0,05m))}{0,30 m}$$

$$Espacios = 4$$

$$Varillas = 5$$

varillas # 3/8" c/30cm

- **Espacios voladizos:**

$$Espacio Voladizos = \frac{(1,41m - 0,25m - 0,25m - 0,05m)}{S}$$

$$Espacio Voladizos = \frac{(1,41m - 0,25m - 0,25m - 0,05m)}{0,30m}$$

$$Espacio Voladizos = 1,96m$$

$$Espacio Voladizo = 2$$

$$Varillas = 3$$

3 varillas # 3/8" c/30cm

Tabla 5 Refuerzos por contracción y temperatura

REFUERZO POR RETRACCION Y FRAGUADO	
As retraccion y fraguado (mm)	0,233
Refuerzo de 3/8" cm	30
Cantidad	5
Cantidad voladizo	4

- **JUNTAS DE DILATACIÓN**

- **Variación de la temperatura:** $\Delta T=20^{\circ}\text{C}$
- **Coeficiente de dilatación:** $\alpha=1,05\text{E-}05\text{ }/^{\circ}\text{C}$
- **Longitud:** $L=2400\text{ cm}$

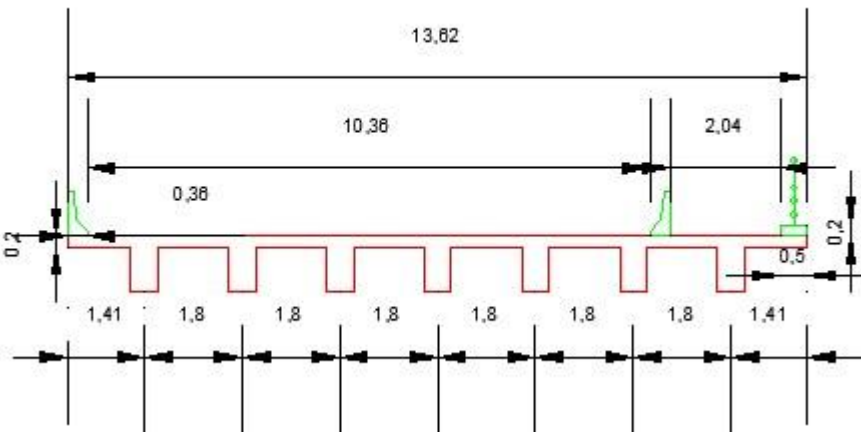
$$\Delta l = \alpha * L * \Delta T$$

$$\Delta l = \frac{1,05 \times 10^{-5}}{^{\circ}\text{C}} * 2400 \text{ cm} * 20^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta l = 0.5 \text{ cm}$$

- **DISEÑO DE VIGAS**

Ilustración 11 Sección Transversal



Fuente: autores

- **Viga 1**

Concreto a utilizar

$$F'_{c\text{viga}} = 35 \text{ Mpa}$$

Altura de la viga

$$\text{Altura de la viga} = 0,8 \text{ m}$$

$$t = 0,2 \text{ m}$$

$$H_v = \text{Altura de la viga} + t$$

$$H_v = 0,8 \text{ m} + 0,2 \text{ m}$$

$$H_v = 1 \text{ m}$$

Longitud de la Viga

$$\text{Ancho}_{\text{riostra}} = 0,3 \text{ m}$$

$$D_{\text{hasta riostra}} = 0,1 \text{ m}$$

$$L_{\text{viga } 1} = 24 \text{ m}$$

$$JD = 0,05 \text{ m}$$

$$Lv1 = L_{\text{viga } 1} - \left(\frac{\text{Ancho}_{\text{riostra}}}{2} + D_{\text{hasta riostra}} \right) * 2 - JD$$

$$Lv1 = 24 \text{ m} - \left(\frac{0,3 \text{ m}}{2} + 0,1 \text{ m} \right) * 2 - 0,05 \text{ m}$$

$$Lv1 = 23,45 \text{ m}$$

Características de las vigas

$$D_1 = \frac{Lv1}{8}$$

$$D_1 = \frac{23,45m}{8}$$

$$D_1 = 2,93m$$

$$D_2 = \frac{Lv1}{10}$$

$$D_2 = \frac{23,45m}{10}$$

$$D_2 = 2,345 m$$

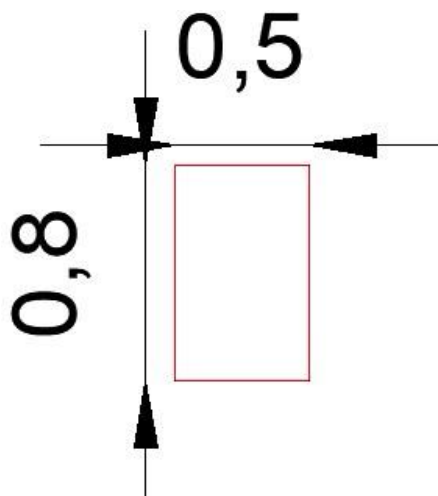
$$D_{prom} = \frac{(D_1 + D_2)}{2}$$

$$D_{prom} = \frac{(2,93 + 2,345)}{2}$$

$$D_{prom} = 2,64 m$$

- **Cálculo de Área sección en rectangular**

Ilustración 12 Área Sección esquina



Fuente: autores

$$Area_T = b * h$$

$$Area_T = 0,5m * 0,8m$$

$$Area_T = 0,4m^2$$

- **Análisis de carga muerta**

$$\varphi_{concreto} = 24 \frac{kN}{m^3}$$

Sección 1

$$W1 = \varphi_{concreto} * Area_T$$

$$W1 = 24 \frac{kN}{m^3} * 0,4m^2$$

$$W1 = 9,6 \frac{kN}{m}$$

- **Pesos muertos posteriores (2 barreras de tráfico, 1 Baranda peatonal)**

$$Cm_{posterior} = 2 * WBT + PB$$

$$Cm_{posterior} = 2 * 4,392 \frac{kN}{m} + 0,98 \frac{kN}{m}$$

$$Cm_{posterior} = 2 * 4,392 \frac{kN}{m} + 0,98 \frac{kN}{m}$$

$$Cm_{posterior} = 9,764 \frac{kN}{m}$$

$$N_V = 7$$

$$Cm_{posterior\ viga} = \frac{Cm_{posterior}}{N_V}$$

$$Cm_{posterior\ viga} = \frac{9,764 \frac{kN}{m}}{7}$$

$$Cm_{posterior\ viga} = 1,37 \frac{kN}{m}$$

- **Carga de pavimento**

$$L_{Transversal\ Pavimento} = 10,36m$$

$$t_{Pavimento} = 0,05m$$

$$\varphi_{Pavimento} = 22 \frac{kN}{m^3}$$

$$C_{Pavimento} = L_{Transversal\ Pavimento} * t_{Pavimento} * \varphi_{Pavimento}$$

$$C_{Pavimento} = 10,36m * 0,05m * 22 \frac{kN}{m^3}$$

$$C_{Pavimento} = 11,396 \frac{kN}{m}$$

- **Carga aferente de la losa según vigas**

$$S_V = 1,8m$$

$$L_{Voladizo} = 1,41m$$

Para vigas exteriores

$$A_{A_{fext}} = \left(\frac{S_V}{2} + L_{Voladizo} \right) * t$$

$$A_{A_{fext}} = \left(\frac{1,8m}{2} + 1,41m \right) * 0,22m$$

$$A_{A_{fext}} = 0,508m^2$$

$$W_{Vigaext} = A_{A_{fext}} * \varphi_{concreto}$$

$$W_{Vigaext} = 0,508m^2 * 24 \frac{kN}{m^3}$$

$$W_{Vigaext} = 12,1968 \frac{kN}{m}$$

Para vigas interiores

$$A_{A_{fint}} = S_V * t$$

$$A_{A_{fint}} = 1,8m * 0,22m$$

$$A_{A_{fint}} = 0,396m^2$$

$$W_{Vigaint} = A_{Afint} * \varphi_{concreto}$$

$$W_{Vigaint} = 0,396m^2 * 24 \frac{kN}{m^3}$$

$$W_{Vigaint} = 9,6 \frac{kN}{m}$$

Para la riostra

$$A_{Riostra} = (S_V * \text{Altura de la viga}) - A_{rear}$$

$$A_{Riostra} = (1,8m * 1m) - 0,4m^2$$

$$A_{Riostra} = 1,4m^2$$

$$V_{Riostra} = A_{Riostra} * \text{Ancho riostra}$$

$$V_{Riostra} = 1,4m^2 * 0,3m$$

$$V_{Riostra} = 0,42m^3$$

$$W_{Riostra int} = V_{Riostra} * \varphi_{concreto}$$

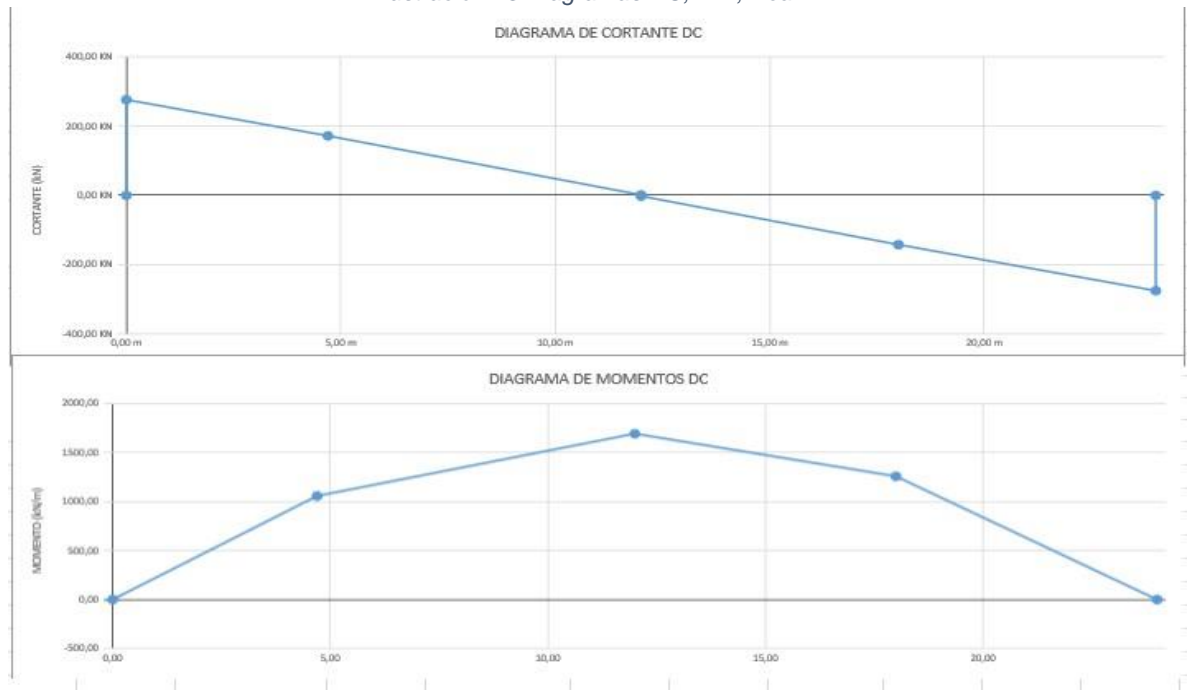
$$W_{Riostra int} = 0,42m^3 * 24 \frac{kN}{m^3}$$

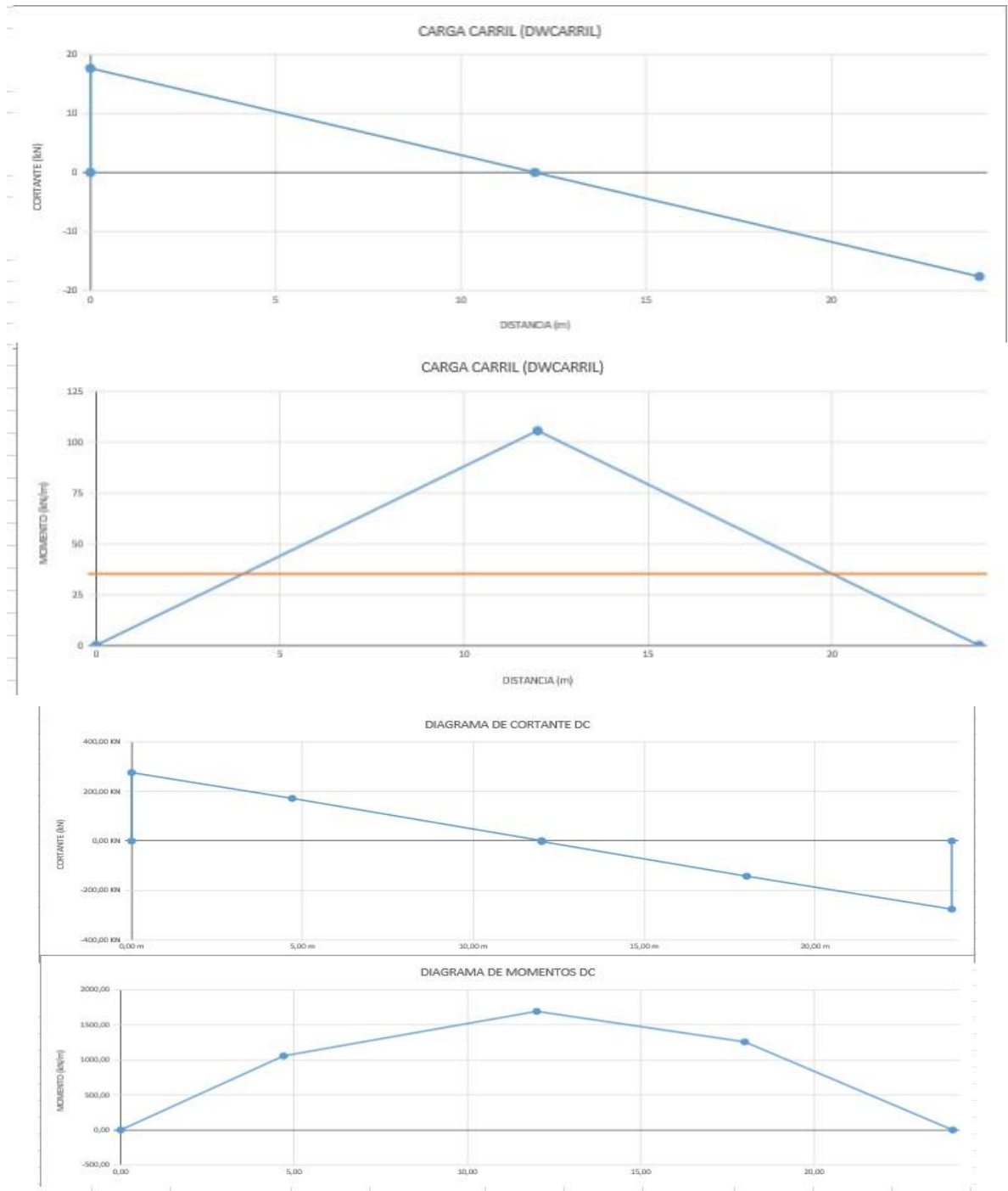
$$W_{Riostra int} = 10,08 kN$$

$$W_{Riostra ext} = \frac{10,08 kN}{2}$$

$$W_{Riostra ext} = 5,04 kN$$

Ilustración 13 Diagramas DC, DW, Dcarril



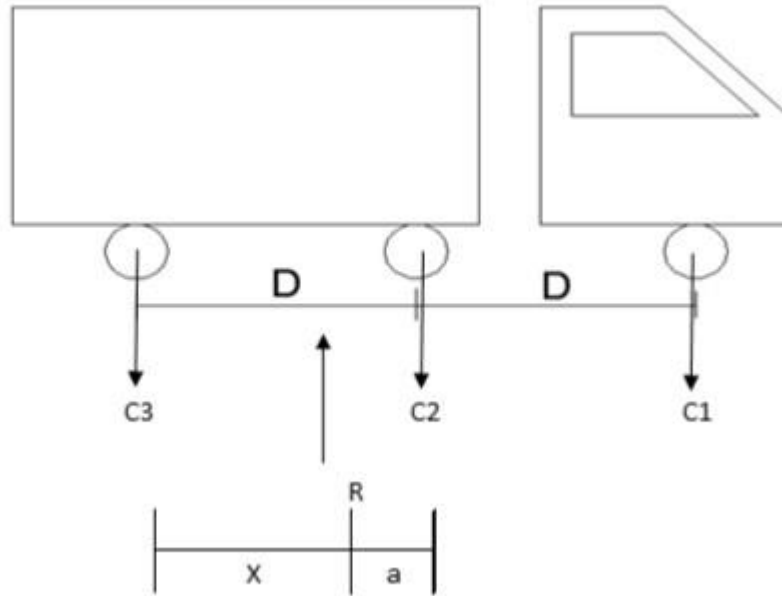


Fuente: autores

□ D carga viva

Ilustración 14 Camión C14 sección longitudinal

Camión C-14



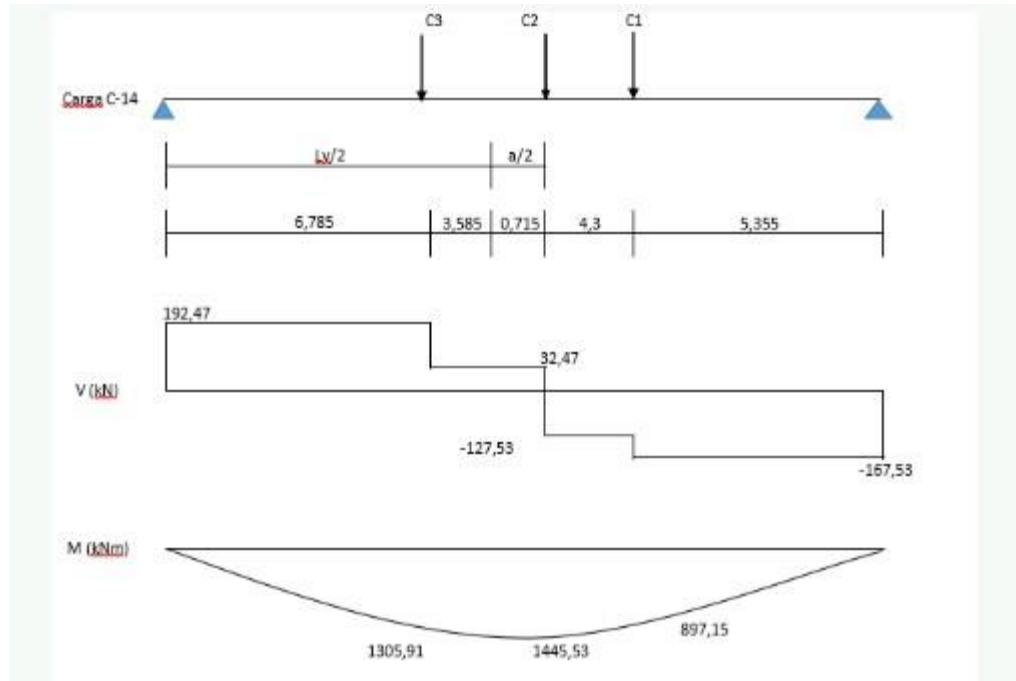
Fuente: autores

Tabla 6 Características camión C14

Carga 1 (kN)	40
Carga 2 (kN)	160
Carga 3 (kN)	160
Distancia D (m)	4,3
Resultante (kN)	360
Distancia X (m)	2,87
Distancia a (m)	1,43
Distancia a/2 (m)	0,715

Fuente: autores

Ilustración 15 Diagrama de momento y cortante carga viva C14



Fuente: autores

Tabla 7 Teorema de Steiner

Secciones	Area (cm2)	Yi (cm)	A*Yi (cm3)	Yb (cm)	Io (cm4)	di (cm)	Ai*di2 (cm4)	Iv (cm4)	Iv (mm^4)
1	4000	25	100000	25,00	2133333,333	0,00	0	2133333	2,133.E+10
2	0		0				0		
3	0		0				0		
SUMATORIA	4000		100000		2133333		0		

Fuente: autores

$$An_1 = 50 \text{ cm}$$

$$H_1 = 80 \text{ cm}$$

$$A_1 = An_1 * H_1$$

$$A_1 = 50 \text{ cm} * 80 \text{ cm}$$

$$A_1 = 4000 \text{ cm}^2$$

$$A_{Total} = A_1$$

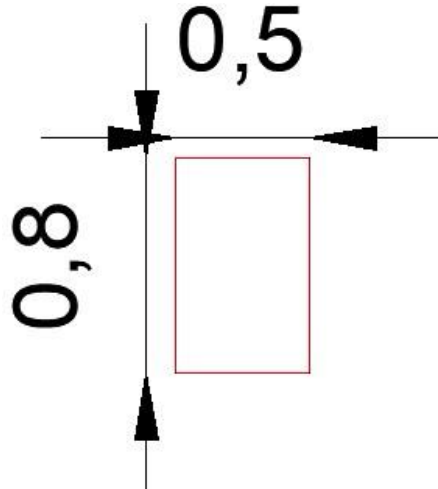
$$A_{Total} = 4000 \text{ cm}^2$$

$$Y_{i1} = \frac{An_1}{2}$$

$$Y_{i1} = \frac{50 \text{ cm}}{2}$$

$$Y_{i1} = 25 \text{ cm}$$

Ilustración 16 Área Sección esquina



Fuente: autores

$$A_1 * Y_{i1} = 4000 \text{ cm}^2 * 25 \text{ cm}$$

$$A_1 * Y_{i1} = 100000 \text{ cm}^3$$

$$A_y = A_1 * Y_{i1}$$

$$A_y = 100000 \text{ cm}^3$$

$$Y_B = \frac{A_y}{A_{Total}}$$

$$Y_B = \frac{100000 \text{ cm}^3}{4000 \text{ cm}^2}$$

$$Y_B = 25 \text{ cm}$$

$$I_0 = \frac{An_1 * H_1^3}{12}$$

$$I_0 = \frac{50 \text{ cm} * 80 \text{ cm}^3}{12}$$

$$I_0 = 2133333,333 \text{ cm}^4$$

$$D_1 = Y_{i1} - Y_B$$

$$D_1 = 25 \text{ cm} - 25 \text{ cm}$$

$$D_1 = 0 \text{ cm}$$

$$A_1 * D_1^2 = 4000 \text{ cm}^2 * (0 \text{ cm})^2$$

$$A_1 * D_{12} = 0 \text{ cm}^4$$

$$AD_2 = A_1 * D_{12}$$

$$AD_2 = 0 \text{ cm}^4$$

$$I = I_0 + AD_2$$

$$I = 2133333,333 \text{ cm}^4 + 0 \text{ cm}^4$$

$$I = 2133333,333 \text{ cm}^4$$

$$E_v = 4700 \text{ MPa} * \sqrt[2]{35}$$

$$E_v = 27805.575 \text{ MPa}$$

$$E_L = 4700 \text{ MPa} * \sqrt[2]{28}$$

$$E_L = 24870.062 \text{ MPa}$$

$$e_g = \left(H_v - \frac{t}{2} \right) - Y_B$$

$$e_g = \left(1 \text{ m} - \frac{0,20 \text{ m}}{2} \right) - 0,25 \text{ m}$$

$$e_g = 0,650 \text{ m}$$

$$n = \left(\frac{E_v}{E_L} \right)$$

$$n = \left(\frac{27805.575 \text{ MPa}}{24870.062 \text{ MPa}} \right)$$

$$n = 1.118$$

Parámetro de rigidez longitudinal

$$K_g = n * (I + A_{Total} * e_g^2)$$

$$K_g = 1.118 * (2133333,333 \text{ cm}^4 + 4000 \text{ cm}^2 * (650 \text{ cm})^2)$$

$$K_g = 2,13 \times 10^7 \text{ cm}^4$$

Para vigas interiores

Para un carril

$$g_1 = 0,06 + \left(\frac{1800}{4300}\right)^{0,4} * \left(\frac{1800}{24000}\right)^{0,3} * \left(\frac{2,13 \times 10^7}{24000 * 200^3}\right)^{0,1}$$

$$g_1 = 0,388$$

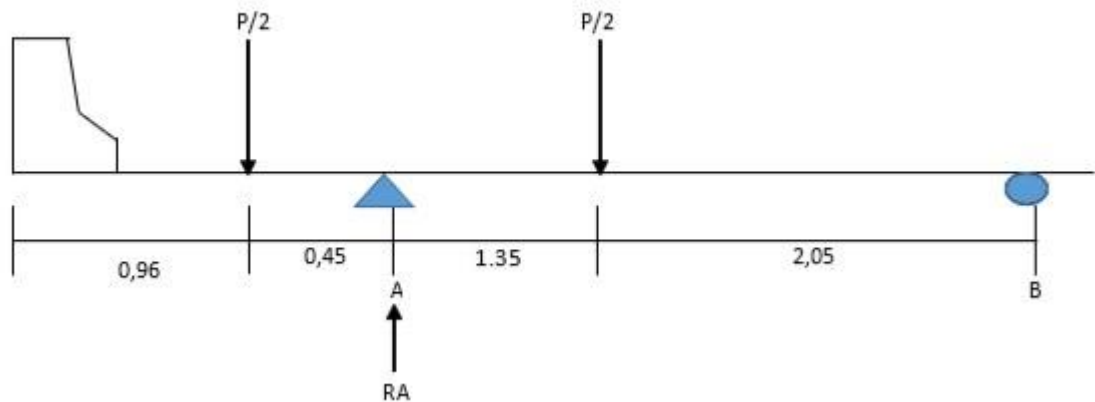
Para dos carriles

$$g_2 = 0,075 + \left(\frac{1800}{2900}\right)^{0,6} * \left(\frac{1800}{24000}\right)^{0,2} * \left(\frac{2,13 \times 10^7}{24000 * 200^3}\right)^{0,1}$$

$$g_2 = 0,527$$

Para vigas exteriores (regla de la palanca)

Ilustración 17 Regla de la Palanca



Fuente: autores

$$M_B = 0$$

$$P = 1$$

$$R_A = \frac{2,05 \text{ m} * \left(\frac{p}{2}\right) + (2,05\text{m} + 1,35\text{m} + 0,45\text{m}) * \left(\frac{p}{2}\right)}{2,05\text{m} + 1,35\text{m}}$$

$$R_A = 0,868$$

$$g_3 = R_A$$

$$D_e = L_{Voladizo} - 0,36\text{m}$$

$$D_e = 1,05 \text{ m}$$

$$e = 0,77 + \left(\frac{D_e}{2,8\text{m}}\right)$$

$$e = 1,15\text{m}$$

$$g_4 = g_2 * e$$

$$g_4 = 0,527 * 1,15\text{m}$$

$$g_4 = 0,63 \text{ m}$$

□ Diseño a Flexión

$$M_{DC} = 1686,39 \text{ kN} * \text{m}$$

$$M_{DW} = 777,74 \text{ kN} * \text{m}$$

$$M_{Carril} = 741,6 \text{ kN} * \text{m}$$

$$M_{C14} = 670,35 \text{ kN} * \text{m}$$

$$M_{Wcarril} = M_{Carril} * g_3$$

$$M_{Wcarril} = 741,6 \text{ kN} * \text{m} * 0,868 \text{ m}$$

$$M_{Wcarril} = 643,71 \text{ kN} * \text{m}$$

$$M_{Wc14} = M_{C14} * g_3$$

$$M_{Wc14} = 670,35 \text{ kN} * \text{m} * 0,868 \text{ m}$$

$$M_{Wc14} = 581,86 \text{ kN} * \text{m}$$

$$M_{Impacto} = M_{Wc14} * 0,33$$

$$M_{Impacto} = 581,86 \text{ kN} * \text{m} * 0,33$$

$$M_{Impacto} = 192,32 \text{ kN} * m$$

$$M_{Ultimo} = 1,25 * M_{DC} + 1,5 * M_{DW} + 1,75 * (M_{Wcarril} + M_{Wc14} + M_{Impacto})$$

$$M_{Ultimo} = 1,25 * 1686,39 \text{ kN} * m + 1,5 * 777,74 \text{ kN} * m + 1,75 * (643,71 \text{ kN} * m + 581,86 \text{ kN} * m + 192,32 \text{ kN} * m)$$

$$M_{Ultimo} = 5755,39 \text{ kN} * m$$

$$Recubrimiento = 25 \text{ mm}$$

$$\phi 8 = 1 \text{ in} = 25,4 \text{ mm}$$

$$D = H_v - Recubrimiento - \left(\frac{\phi 10}{2} \right)$$

$$D = 1 \text{ m} - 0,025 \text{ m} - \left(\frac{0,0254 \text{ m}}{2} \right)$$

$$D = 0,9623 \text{ m}$$

• **Valor de B efectivo Primera condición**

$$B_{Efectivo1} = 12 * t + A_{n1}$$

$$B_{Efectivo1} = 12 * 0,20 \text{ m} + 0,50 \text{ m}$$

$$B_{Efectivo1} = 2,9 \text{ m}$$

Segunda condición

$$B_{Efectivo2} = \left(\frac{S_v}{2} \right) + L_{Voladizo}$$

$$B_{Efectivo2} = \left(\frac{1,8 \text{ m}}{2} \right) + 1,41 \text{ m}$$

$$B_{Efectivo2} = 2,31 \text{ m}$$

$$B_{Efectivo3} = S_v$$

$$B_{Efectivo3} = 1,8 \text{ m}$$

tercera condición

$$B_{Efectivo5} = \left(\frac{L_{viga}}{4} \right)$$

$$B_{Efectivo5} = \left(\frac{24 \text{ m}}{4} \right)$$

$$B_{Efectivo5} = 6 \text{ m}$$

$$B_{Efectivo} = B_{Efectivo2}$$

• **Ancho equivalente**

$$B_{Equivalente} = B_{Efectivo} * n$$

$$B_{Equivalente} = 2,31 \text{ m} * 1.118$$

$$B_{Equivalente} = 2,58 \text{ m}$$

$$F_s = 1,2$$

$$d = 6 * t - \text{recubrimiento2} - \left(\frac{\phi 8}{2} \right)$$

$$d = 6 * 0,20 \text{ m} - 0,025 \text{ m} - \left(\frac{\phi 8}{2} \right)$$

$$d = 1,14 \text{ m}$$

$$\phi Rn = \left(\frac{M_{Ultimo} * F_s}{B_{Equivalente} * d^2} \right)$$

$$\phi Rn = \left(\frac{5755,39 \text{ kN} * \text{m} * 1,2}{2,58 \text{ m} * (1,14 \text{ m})^2} \right)$$

$$\phi Rn = 1,92 \left(\frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right)$$

$$p = 0.0053$$

$$Area_{\phi 8} = 0,510 \text{ m}^2$$

$$A_{sviga} = p * B_{Equivalente} * d$$

$$A_{sviga} = 0.0053 * 2,58 \text{ m} * 1,14 \text{ m}$$

$$A_{sviga} = 0.014 \text{ m}^2$$

$$N_{varillas} = \left(\frac{A_{sviga}}{Area_{\phi 8}} \right)$$

$$N_{varillas} = \left(\frac{0.014 \text{ m}^2}{0,510 \text{ m}^2} \right)$$

$$N_{varillas} = 27,45$$

$$N_{varillas} = 28$$

Formación de paquetes de cuatro varillas

$$A_{teorico1} = Area\phi 8 * 4$$

$$A_{teorico1} = 0,510 \text{ m}^2 * 4$$

$$A_{teorico1} = 2040 \text{ mm}^2$$

$$D_{teorico1} = \sqrt{\left(\frac{A_{teorico1} * 4}{\pi}\right)}$$

$$D_{teorico1} = \sqrt{\left(\frac{2040 \text{ mm}^2 * 4}{\pi}\right)}$$

$$D_{teorico1} = 50.964 \text{ mm}$$

$$S_{max1} = 1,5 * D_{teorico1}$$

$$S_{max1} = 1,5 * 50.964 \text{ mm}$$

$$S_{max1} = 76.447 \text{ mm}$$

Formación de paquetes de tres varillas

$$A_{teorico2} = Area\phi 8 * 3$$

$$A_{teorico2} = 0,510 \text{ m}^2 * 3$$

$$A_{teorico2} = 1530 \text{ mm}^2$$

$$D_{teorico2} = \sqrt{\left(\frac{A_{teorico2} * 3}{\Pi}\right)}$$

$$D_{teorico2} = \sqrt{\left(\frac{1530 \text{ mm}^2 * 3}{\Pi}\right)}$$

$$D_{teorico2} = 44,14 \text{ mm}$$

$$S_{max2} = 1,5 * D_{teorico1}$$

$$S_{max2} = 1,5 * 44.14 \text{ mm}$$

$$S_{max2} = 66,21 \text{ mm}$$

$$500 \text{ mm} \geq 50 \text{ mm} + 3(D_{teorico1}) + 2 * S_{max1} = 1 \quad \text{Cumple}$$

$$500 \text{ mm} \geq 50 \text{ mm} + 2(\phi 8) + (D_{teorico2}) + 2 * S_{max2} = 1 \quad \text{Cumple}$$

$$Y_{c1} = \left(\frac{12 * \left(50 \text{ mm} + \frac{D_{teorico1}}{2} \right) + 4 \left(50 \text{ mm} + D_{teorico1} + S_{max1} + \left(\frac{Area \phi 8}{2} \right) \right)}{16} \right)$$

$$Y_{c1} = \left(\frac{12 * \left(50 \text{ mm} + \frac{50.964 \text{ mm}}{2} \right) + 4 \left(50 \text{ mm} + 50.964 \text{ mm} + 76.447 \text{ mm} + \left(\frac{510 \text{ mm}^2}{2} \right) \right)}{16} \right)$$

$$Y_{c1} = 127,23 \text{ mm}$$

$$d_1 = H_v - Y_{c1}$$

$$d_1 = 1000 \text{ mm} - 127.23 \text{ mm}$$

$$d_1 = 872,77 \text{ mm}$$

$$\phi Rn = \left(\frac{M_{Ultimo} * F_s}{B_{Equivalente} * d_1^2} \right)$$

$$\phi Rn = \left(\frac{5755,31 \text{ kN} * \text{m} * 1,2}{2,51 \text{ m} * (872,77 \text{ mm})^2} \right)$$

$$\phi Rn = 2,77 \left(\frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right)$$

$$p = 0.0097$$

$$Area\phi 8 = 510 \text{ mm}^2$$

$$A_{sVigaT} = p * B_{Equivalente} * d$$

$$A_{sVigaT} = 0.0097 * 2,51 \text{ m} * 0,0872 \text{ m}$$

$$A_{sVigaT} = 19426,67 \text{ mm}^2$$

$$N_{varillas} = \left(\frac{A_{sViga}}{Area\phi 8} \right)$$

$$N_{varillas} = \left(\frac{0.019 \text{ m}^2}{0,510 \text{ m}^2} \right)$$

$$N_{varillas} = 38,25$$

$$N_{varillas} = 39$$

Para 2 m.

Tabla 8 Cantidad de acero que se requiere a 2 metros

MuResis(N.mm)	ϕRn	ρ	As	#Varillas
3251283228,77	1,89944	0,0052	10274,0	16

Fuente: autores

Para 3 m.

Tabla 9 Cantidad de acero que se requiere a 3 metros

MuResis(N.mm)	ϕRn	ρ	As	#Varillas
3140236508,054	1,83457	0,0049	9785,7	16

Fuente: autores

Para 4,7 m.

Tabla 10 Cantidad de acero que se requiere a 4,7 metros

MuResis(N.mm)	φRn	ρ	As	#Varillas
2841430523,238	1,66000	0,0030	5876,9	10

Fuente: autores

Tabla 11 Teorema de Steiner

Secciones	Area (cm2)	Yi (cm)	A*Yi (cm3)	Yb (cm)	Io (cm4)	di (cm)	Ai*di2 (cm4)	Iv (cm4)	Iv (mm^4)
1	4000	25	100000	25,00	2133333,333	0,00	0	2133333	2,133.E+10
2	0		0				0		
3	0		0				0		
SUMATORIA	4000		100000		2133333		0		

Fuente: autores

$$F_r = 0,65 \text{ MPa} * \sqrt{35}$$

$$F_r = 3.668 \frac{N}{mm^2}$$

$$I = 2133333,33 \text{ cm}^4 = 2,13 \times 10^3 \text{ mm}^4$$

$$Y_b = 250 \text{ mm}$$

$$M_{cr} = F_r * \frac{I}{Y_b}$$

$$M_{cr} = 3.668 \frac{N}{mm^2} * \frac{2,13 \times 10^3 \text{ mm}^4}{250 \text{ mm}}$$

$$M_{cr} = 313 \text{ kN} * m$$

$$\phi R_n = \left(\frac{M_{cr} * F_s}{B_{Equivalente} * d^2} \right)$$

$$\phi R_n = \left(\frac{313 N * mm * 1,2}{2580 \text{ mm} * (872,77 \text{ mm})^2} \right)$$

$$\phi R_n = 0,5052 \left(\frac{N}{mm^2} \right)$$

$$p = 0.00135$$

$$A_{sviga} = p * B_{Equivalente} * d$$

$$A_{sviga} = 0.00135 * 2,51 \text{ m} * 872,77 \text{ mm}$$

$$A_{sviga} = 2947,57 \text{ mm}^2$$

$$A_{sviga} < A_{sviga} = 1 \quad \text{Cumple}$$

Diseño por cortante

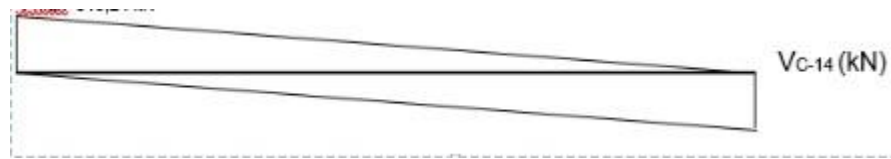
Ilustración 18 Cargas C14



Fuente: autores

$$R_a = 317 \text{ kN}$$

Ilustración 19 Cortante de cargas C14



Fuente: autores

□ Factores de distribución para carga viva:

Vigas interiores

$$g_{r1} = 0,36 + \left(\frac{S_V}{7600\text{mm}} \right)$$

$$g_{r1} = 0,36 + \left(\frac{1,8\text{ m}}{7600\text{mm}} \right)$$

$$g_{r1} = 0,597$$

$$g_{r2} = 0,2 + \left(\frac{S_V}{3600\text{mm}} - \left(\frac{S_V}{10700\text{mm}} \right)^2 \right)$$

$$g_{r2} = 0,2 + \left(\frac{1,8\text{ m}}{3600\text{mm}} - \left(\frac{1,8\text{ m}}{10700\text{mm}} \right)^2 \right)$$

$$g_{r2} = 0,67$$

Vigas exteriores

$$g_{r3} = R_a = 0,868$$

$$d_e = L_{Voladizo} - 0,36\text{m}$$

$$d_e = 1,41\text{m} - 0,36\text{m}$$

$$d_e = 1,05\text{m}$$

$$e = 0,6 + \frac{d_e}{3000\text{ mm}}$$

$$e = 0,6 + \frac{1,05\text{m}}{3000\text{ mm}}$$

$$e = 0,95$$

$$g_{r4} = e * g_{r2}$$

$$g_{r4} = 0,95 * 0,67$$

$$g_{r4} = 1,62$$

Diseño de apoyo

Cortante

$$V_{DC} = 235.35 \text{ kN}$$

$$V_{DW} = 15,44 \text{ kN}$$

$$V_{Carril} = 103,02 \text{ kN}$$

$$V_{C14} = 846,37 \text{ kN}$$

$$V_{Wcarril} = V_{Carril} * g_{r1}$$

$$V_{Wcarril} = 103,02 \text{ kN} * 0,597$$

$$V_{Wcarril} = 61,50 \text{ kN}$$

$$V_{Wc14} = V_{C14} * g_{r1}$$

$$V_{Wc14} = 846,37 \text{ kN} * 0,597$$

$$V_{Wc14} = 505,283 \text{ kN}$$

$$V_{Impacto} = V_{Wc14} * 0,33$$

$$V_{Impacto} = 505,283 \text{ kN} * 0,33$$

$$V_{Impacto} = 166,743 \text{ kN}$$

$$V_{UltimoApoyo} = 1,25 * V_{DC} + 1,5 * V_{DW} + 1,75 * (V_{Wcarril} + V_{Wc14} + V_{Impacto})$$

$$V_{UltimoApoyo} = 1,25 * 235,35 \text{ kN} + 1,5 * 15,44 \text{ kN} + 1,75 * (61,502 \text{ kN} + 505,283 \text{ kN} + 166,743 \text{ kN})$$

$$V_{UltimoApoyo} = 1601,019 \text{ kN}$$

$$\phi = 0,9$$

$$V_{UA} = \frac{V_{UltimoApoyo}}{\phi}$$

$$V_{UA} = \frac{1601,019 \text{ kN}}{0,9}$$

$$V_{UA} = 1778,91 \text{ kN}$$

$$V_c = \frac{\sqrt{35} \text{ MPa}}{6} * A_{n1} * d$$

$$V_c = \frac{\sqrt{35} \text{ MPa}}{6} * 50 \text{ cm} * 872,77 \text{ mm}$$

$$V_c = 430,28 \text{ kN}$$

$$V_{shec} = \frac{V_{UltimoApoyo} - \phi * V_c}{\phi}$$

$$V_{shec} = \frac{1778,91 \text{ kN} - 0,9 * 430,28 \text{ kN}}{0,9}$$

$$V_{shec} = 1349 \text{ kN}$$

$$F_y = 420 \text{ MPa}$$

$$A_{S4} = 129 \text{ mm}^2 * 2$$

$$A_{S4} = 258 \text{ mm}^2$$

$$A_{S5} = 199 \text{ mm}^2 * 2$$

$$A_{S5} = 398 \text{ mm}^2$$

$$S_4 = A_{S4} * F_y * \frac{d}{V_{shec}}$$

$$S_4 = 258 \text{ mm}^2 * 420 \text{ MPa} * \frac{872,77 \text{ mm}}{1349 \text{ kN}}$$

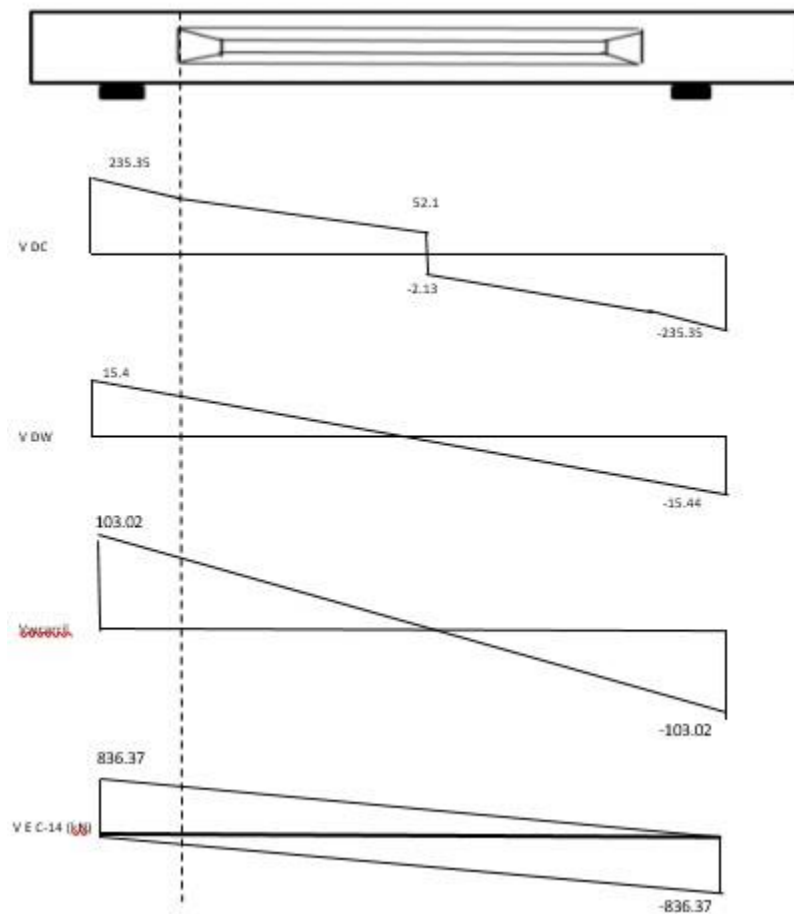
$$S_4 = 70,13 \text{ mm}$$

$$S_5 = A_{S5} * F_y * \frac{d}{V_{sneq}}$$

$$S_5 = 398 \text{ mm}^2 * 420 \text{ MPa} * \frac{872,77 \text{ mm}}{942,74 \text{ kN}}$$

$$S_5 = 108,15 \text{ mm}$$

Ilustración 20 Diagrama de cortante



Fuente: autores

Diseño en 2 m

$$V_{DC} = 235,23 \text{ kN}$$

$$V_{DW} = 15,44 \text{ kN}$$

$$V_{Carril} = 103,02 \text{ kN}$$

$$V_{C14} = 775,84 \text{ kN}$$

$$V_{Wcarril} = V_{Carril} * g_{r1}$$

$$V_{Wcarril} = 103,02 \text{ kN} * 0,597$$

$$V_{Wcarril} = 61,502 \text{ kN}$$

$$V_{Wc14} = V_{C14} * g_{r1}$$

$$V_{Wc14} = 775,84 \text{ kN} * 0,597$$

$$V_{Wc14} = 463,18 \text{ kN}$$

$$V_{Impacto} = V_{Wc14} * 0,33$$

$$V_{Impacto} = 463,18 \text{ kN} * 0,33$$

$$V_{Impacto} = 152,85 \text{ kN}$$

$$V_{UltimoApoyo} = 1,25 * V_{DC} + 1,5 * V_{DW} + 1,75 * (V_{Wcarril} + V_{Wc14} + V_{Impacto})$$

$$V_{UltimoApoyo} = 1,25 * 235,23 \text{ kN} + 1,5 * 15,44 \text{ kN} + 1,75 * (61,502 \text{ kN} + 463,18 \text{ kN} + 152,85 \text{ kN})$$

$$V_{UltimoApoyo} = 1502,86 \text{ kN}$$

$$V_{UA} = \frac{V_{UltimoApoyo}}{\phi}$$

$$V_{UA} = \frac{1502,86 \text{ kN}}{0,9}$$

$$V_{UA} = 1669,848 \text{ kN}$$

$$V_c = \frac{\sqrt{35} \text{ MPa}}{6} * A n_1 * d$$

$$V_c = \frac{\sqrt{35} \text{ MPa}}{6} * 500 \text{ mm} * 360 \text{ mm}$$

$$V_c = 177 \text{ kN}$$

$$V_{snec} = \frac{V_{UltimoApoyo} - \phi * V_c}{\phi}$$

$$V_{snec} = \frac{1669,848 \text{ kN} - 0,9 * 177 \text{ kN}}{0,9}$$

$$V_{snec} = 1678 \text{ kN}$$

$$S_5 = A_{S5} * F_y * \frac{d}{V_{s nec}}$$

$$S_5 = 398 \text{ mm}^2 * 420 \text{ MPa} * \frac{360 \text{ mm}}{1678 \text{ kN}}$$

$$S_5 = 35,86 \text{ mm}$$

Diseño en 3 m

$$V_{DC} = 211.93 \text{ kN}$$

$$V_{DW} = 13,90 \text{ kN}$$

$$V_{Carril} = 92,73 \text{ kN}$$

$$V_{C14} = 740,57 \text{ kN}$$

$$V_{Wcarril} = V_{Carril} * g_{r1}$$

$$V_{Wcarril} = 92,73 \text{ kN} * 0.597$$

$$V_{Wcarril} = 55,359 \text{ kN}$$

$$V_{Wc14} = V_{C14} * g_{r1}$$

$$V_{Wc14} = 740,57 \text{ kN} * 0.597$$

$$V_{Wc14} = 442,12 \text{ kN}$$

$$V_{Impacto} = V_{Wc14} * 0,33$$

$$V_{Impacto} = 442,12 \text{ kN} * 0,33$$

$$V_{Impacto} = 145.90 \text{ kN}$$

$$V_{UltimoApoyo} = 1,25 * V_{DC} + 1,5 * V_{DW} + 1,75 * (V_{Wcarril} + V_{Wc14} + V_{Impacto})$$

$$V_{UltimoApoyo} = 1,25 * 211.93 \text{ kN} + 1,5 * 13,90 \text{ kN} + 1,75 * (55,359 \text{ kN} + 442,12 \text{ kN} + 145.90 \text{ kN})$$

$$V_{UltimoApoyo} = 1411,67 \text{ kN}$$

$$V_{UA} = \frac{V_{UltimoApoyo}}{\phi}$$

$$V_{UA} = \frac{1411,67 \text{ kN}}{0,9}$$

$$V_{UA} = 1568,52 \text{ kN}$$

$$V_c = \frac{\sqrt{35} \text{ MPa}}{6} * A n_1 * d$$

$$V_c = \frac{\sqrt{35} \text{ MPa}}{6} * 50 \text{ cm} * 350 \text{ mm}$$

$$V_c = 173 \text{ kN}$$

$$V_{s nec} = \frac{V_{UltimoApoyo} - \phi * V_c}{\phi}$$

$$V_{s nec} = \frac{1568,52 \text{ kN} - 0,9 * 173 \text{ kN}}{0,9}$$

$$V_{s nec} = 1570 \text{ kN}$$

$$S_5 = A_{S5} * F_y * \frac{d}{V_{s nec}}$$

$$S_5 = 398 \text{ mm}^2 * 420 \text{ MPa} * \frac{350 \text{ mm}}{1570 \text{ kN}}$$

$$S_5 = 35,3 \text{ mm}$$

Diseño en 4.7 m

$$V_{DC} = 172,44 \text{ kN}$$

$$V_{DW} = 11,28 \text{ kN}$$

$$V_{Carril} = 75,24 \text{ kN}$$

$$V_{C14} = 680,62 \text{ kN}$$

$$V_{Wcarril} = V_{Carril} * g_{r1}$$

$$V_{Wcarril} = 75,24 \text{ kN} * 0.597$$

$$V_{Wcarril} = 44,91 \text{ kN}$$

$$V_{Wc14} = V_{C14} * g_{r1}$$

$$V_{Wc14} = 680,62 \text{ kN} * 0.597$$

$$V_{Wc14} = 406,50 \text{ kN}$$

$$V_{Impacto} = V_{Wc14} * 0,33$$

$$V_{Impacto} = 406,50 \text{ kN} * 0,33$$

$$V_{Impacto} = 134,148 \text{ kN}$$

$$V_{UltimoApoyo} = 1,25 * V_{DC} + 1,5 * V_{DW} + 1,75 * (V_{Wcarril} + V_{Wc14} + V_{Impacto})$$

$$V_{UltimoApoyo} = 1,25 * 172,44 \text{ kN} + 1,5 * 11,28 \text{ kN} + 1,75 * (44,91 \text{ kN} + 406,50 \text{ kN} + 134,148 \text{ kN})$$

$$V_{UltimoApoyo} = 1256,81 \text{ kN}$$

$$V_{UA} = \frac{V_{UltimoApoyo}}{\phi}$$

$$V_{UA} = \frac{1256,81 \text{ kN}}{0,9}$$

$$V_{UA} = 1396,45 \text{ kN}$$

$$V_u = \frac{V_{UA}}{\phi}$$

$$V_u = \frac{1396,45}{0,9}$$

$$V_u = 1551,61 \text{ kN}$$

$$V_c = \frac{\sqrt{35} \text{ MPa}}{6} * A n_1 * d$$

$$V_c = \frac{\sqrt{35} \text{ MPa}}{6} * 50 \text{ cm} * 360 \text{ mm}$$

$$V_c = 177 \text{ kN}$$

$$V_{s nec} = \frac{V_u - \phi * V_c}{\phi}$$

$$V_{s nec} = \frac{1551,61 \text{ kN} - 0,9 * 177 \text{ kN}}{0,9}$$

$$V_{s nec} = 1547,01 \text{ kN}$$

$$S_5 = A_{S5} * F_y * \frac{d}{V_{s nec}}$$

$$S_5 = 398 \text{ mm}^2 * 420 \text{ MPa} * \frac{360 \text{ mm}}{1547,01 \text{ kN}}$$

$$S_5 = 38,9 \text{ mm}$$

Se verifica que el espaciamiento mínimo sea máximo 60 cm □

Diseño de apoyo de neopreno:

$$J_d = 0,05 \text{ m}$$

$$a = 1,05 * \frac{10^{-5}}{c^{\circ}}$$

$$T^{\circ} = 20^{\circ}$$

$$L = 24m - J_d$$

$$L = 24 \text{ m} - 0,05 \text{ m}$$

$$L = 23,95 \text{ m}$$

$$\Delta L = a * L * T^{\circ}$$

$$H_{rt} = 5 \text{ cm}$$

$$\Delta L_{Temperatura} = 1,05 * \frac{10^{-5}}{c^{\circ}} * 23,95 \text{ m} * 20^{\circ}$$

$$\Delta L_{Temperatura} = 0.005 \text{ m}$$

$$\Delta L_{Sismo} = \frac{L}{1000}$$

$$\Delta L_{Sismo} = \frac{23,95 \text{ m}}{1000}$$

$$\Delta L_{Sismo} = 0,2395 \text{ m}$$

$$V_{minimo} H_{rt} = \Delta L_{Sismo} * 2$$

$$V_{minimo} H_{rt} = 0,2395 \text{ m} * 2$$

$$V_{minimo} H_{rt} = 0.0479 \text{ m}$$

$$V_{maximo} H_{rt} = \frac{An_1}{5}$$

$$V_{maximo} H_{rt} = \frac{50 \text{ cm}}{5}$$

$$V_{maximo} H_{rt} = 10 \text{ cm}$$

$$P_u = V_{UltimoApoyo} = 1778,91 \text{ kN}$$

$$w = An_1 = 500 \text{ mm}$$

$$Y_a = 3$$

$$G = 1$$

$$D_a = 1,4$$

$$L = 300 \text{ mm}$$

$$w = An_1 = 500 \text{ mm}$$

$$\vartheta_s = \frac{P_u}{w * L}$$

$$\vartheta_s = \frac{1778,91 \text{ kN}}{500\text{mm} * 300\text{mm}}$$

$$\vartheta_s = 11,859 \text{ MPa}$$

$$F_y = 252 \frac{N}{\text{mm}^2}$$

$$H_s = 3 * H_{ri} * \frac{\vartheta_s}{F_y}$$

$$H_s = 3 * 50 \text{ mm} * \frac{11,859 \text{ MPa}}{252 \frac{N}{\text{mm}^2}}$$

$$H_s = 7,06 \text{ mm}$$

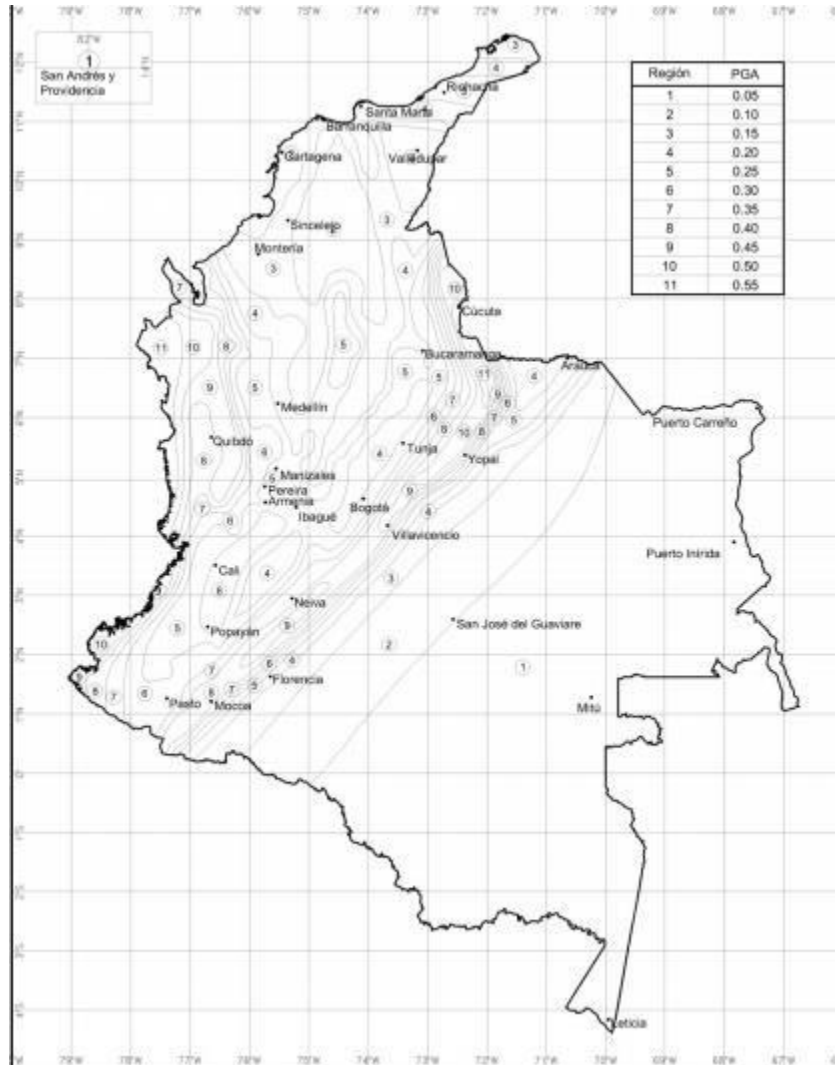
$$H_s = 7,06\text{mm} \geq 1.5\text{mm} = 1$$

□ **Método espectral de los modos fundamentales:**

Mediante la utilización de la Norma Colombiana de Puentes, en el capítulo 3 se encuentran los factores que permiten establecer las características del tipo del suelo, que, a su vez, dará la visión del comportamiento del puente en el eventual caso de un sismo.

El puente se ubicará entre el departamento del Huila y el departamento del Tolima, cerca al municipio de Alpujarra-Tolima, de acuerdo a esto se selecciona la Zona #4, para el valor de PGA. Como especifica la Norma:

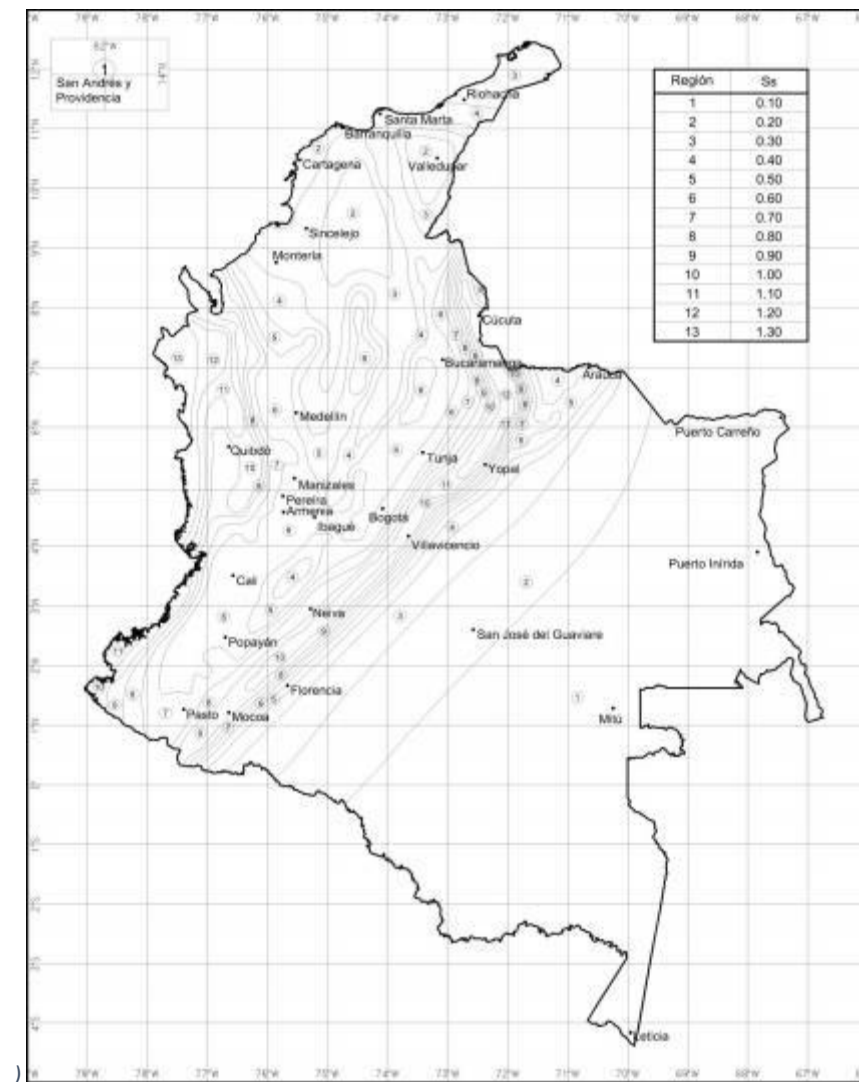
Ilustración 21 Figura 3.10.2.1-1 Aceleración del pico horizontal del terreno



Fuente: Norma Colombiana de Puentes CCP-14

Para el factor S_s , se selecciona la zona #4 que corresponde al municipio de Alpujarra en el departamento del Tolima, de acuerdo a la siguiente figura de la Norma Colombiana de Puentes.

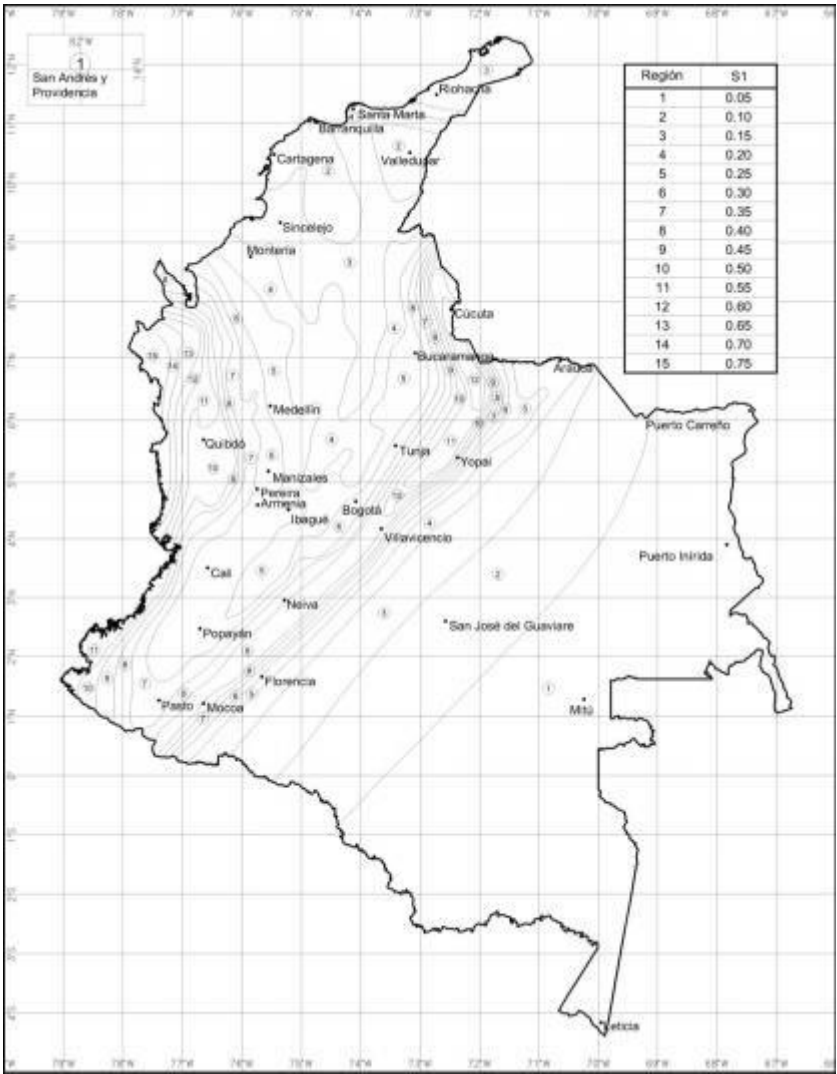
Ilustración 22 Figura 3.10.2.1-2 Coeficiente de aceleración espectral horizontal para un periodo de vibración de 0,2 segundos (S_s)



Fuente: Norma Colombiana de Puentes CCP-14

Para el factor S_1 se selecciona la zona #5 que corresponde al municipio de Alpujarra en el departamento del Tolima, de acuerdo a la siguiente figura de la Norma Colombiana de Puentes.

Ilustración 23 Figura 3.10.2.1-3 Coeficiente de aceleración espectral horizontal para un periodo de vibración de 0,1 segundos (S1)



Fuente: Norma Colombiana de Puentes CCP-14

Se selecciona el tipo de perfil de suelo de la tabla 3.10.3.1-1 de la Norma Colombiana de Puentes. El Perfil B tiene las siguientes características:

Tabla 12 Características del perfil

Tipo de Perfil de Suelo	Características del perfil
A	Roca competente con velocidad medida de onda de cortante, $\bar{v}_s \geq 1500$ m/s.
B	Perfil de roca de rigidez media con \bar{v}_s en el intervalo $1500 \text{ m/s} > \bar{v}_s \geq 760$ m/s.
C	Perfiles de suelo muy densos o roca blanda con velocidad medida de onda de cortante, \bar{v}_s en el intervalo $760 \text{ m/s} > \bar{v}_s \geq 360$ m/s, o perfiles que cumplan con cualquiera de los dos criterios siguientes: $\bar{N} > 50$ golpes/pie, o $\bar{s}_u > 100$ kPa (≈ 1 kgf/cm ²).
D	Perfiles de suelos rígidos con velocidad medida de onda de cortante \bar{v}_s en el intervalo $360 \text{ m/s} > \bar{v}_s \geq 180$ m/s, o perfiles que cumplan con cualquiera de los dos criterios siguientes: \bar{N} en el intervalo 50 golpes/pie $> \bar{N} \geq 15$ golpes/pie, o \bar{s}_u en el intervalo $100 \text{ kPa} (\approx 1 \text{ kgf/cm}^2) > \bar{s}_u \geq 50$ kPa (≈ 0.5 kgf/cm ²).

Fuente: Norma Colombiana de Puentes CCP-14

De acuerdo a los coeficientes observados anteriormente, se seleccionan los factores FPGA, FA y FV:

Tabla 13 Tabla 3.10.3.2-1 Valores de factor de sitio F_{pga} , en el periodo de vibración cero del espectro de aceleraciones

Tipo de Perfil	Intensidad de los movimientos sísmicos (véase la Nota 1)				
	$PGA \leq 0.1$	$PGA = 0.2$	$PGA = 0.3$	$PGA = 0.4$	$PGA \geq 0.5$
A	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
B	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.2	1.2	1.1	1.0	1.0
D	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0
E	2.5	1.7	1.2	0.9	0.9
F	véase nota 2	véase nota 2	véase nota 2	véase nota 2	véase nota 2

Fuente: Norma Colombiana de Puentes CCP-14

Tabla 14 Tabla 3.10.3.2-2 Valores de factor de sitio F_a , en el intervalo de vibración cortos del espectro de aceleraciones

Tipo de Perfil	Coeficiente de aceleración espectral para periodo de vibración de 0.2s (véase la Nota 1)				
	$S_s \leq 0.25$	$S_s = 0.50$	$S_s = 0.75$	$S_s = 1.00$	$S_s \geq 1.25$
A	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
B	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.2	1.2	1.1	1.0	1.0
D	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0
E	2.5	1.7	1.2	0.9	0.9
F	véase nota 2	véase nota 2	véase nota 2	véase nota 2	véase nota 2

Fuente: Norma Colombiana de Puentes CCP-14

Tabla 15 Tabla 3.10.3.2-3 Valores de factor de sitio F_v , en el intervalo de periodos de vibración largos del espectro de aceleraciones

Tipo de Perfil	Coeficiente de aceleración espectral para periodo de vibración de 1.0s (Véase la Nota 1)				
	$S_1 \leq 0.10$	$S_1 = 0.20$	$S_1 = 0.30$	$S_1 = 0.40$	$S_1 \geq 0.50$
A	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
B	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3
D	2.4	2.0	1.8	1.6	1.5
E	3.5	3.2	2.8	2.4	2.4
F	véase nota 2	véase nota 2	véase nota 2	véase nota 2	véase nota 2

Fuente: Norma Colombiana de Puentes CCP-14

Tabla 3.10.3.2-3 Valores de factor de Sitio, F_v , en el intervalo de periodos de vibración largos del Espectro de Aceleraciones

$$PGA = 1$$

$$F_{PGA} = 1$$

$$S_s = 0,4$$

$$F_A = 1$$

$$F_v = 1$$

$$S_1 = 0.25$$

$$A_S = PGA * F_{PGA}$$

$$A_S = 1 * 1$$

$$A_S = 1$$

$$S_{D1} = S_1 * F_v$$

$$S_{D1} = 0.25 * 1$$

$$S_{D1} = 0,25$$

$$S_{Ds} = S_s * F_A$$

$$S_{Ds} = 0.4 * 1$$

$$S_{Ds} = 0.4$$

$$T_S = \frac{S_{D1}}{S_{Ds}}$$

$$T_s = \frac{0,25}{0.4}$$

$$T_s = 0.625$$

$$T_0 = 0.2 * T_s$$

$$T_0 = 0.2 * 0.625$$

$$T_0 = 0.125$$

$$T_0 = T_m$$

$$C_{sm} = A_s + (S_{Ds} - A_s) * \frac{T_m}{T_0}$$

$$C_{sm} = 1 + (0.4 - 1) * \frac{0.125}{0.125}$$

$$C_{sm} = 0.4$$

Ilustración 24 Espectro de aceleraciones de diseño



Fuente: autores

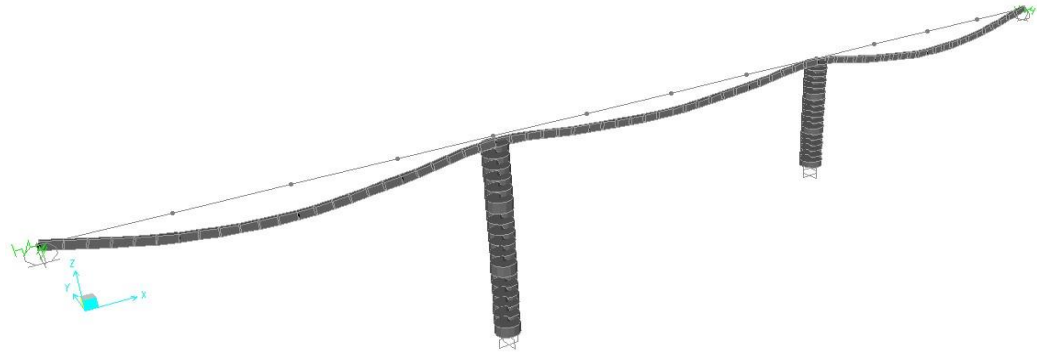
Tabla 16 Tabla Valores de aceleración en el espectro de diseño

Period	Acceleration
0,	0,45
0,	0,45
0,2	0,9
0,5	0,9
0,6	0,75
0,7	0,643
0,8	0,563
0,9	0,5
1,	0,45
1,5	0,3
2,	0,23
2,5	0,18
3,	0,15
3,5	0,13
4,	0,113

Fuente: autores

En el Programa SAP 2000, se realiza el modelo del puente, de forma que se pueda analizar las fuerzas de sismo, así como encontrar los valores críticos de la estructura, con el fin de diseñar cada uno de los elementos que lo componen, como las losas, el análisis de las vigas y las pilas. De la misma forma, se ingresan los valores de las cargas vivas a lo largo del puente con el movimiento de los vehículos. De acuerdo a lo anterior, se ingresan todos los valores ya mencionados, con el fin de comprobar la forma en que actúa la estructura. En este caso, se muestra el comportamiento de la estructura. En el software SAP 2000, el resultado de la estructura modelada con un sistema de viga simplificada, sometiénola a una combinación de carga de sismo se evidencia así:

Ilustración 25 Modo de vibración

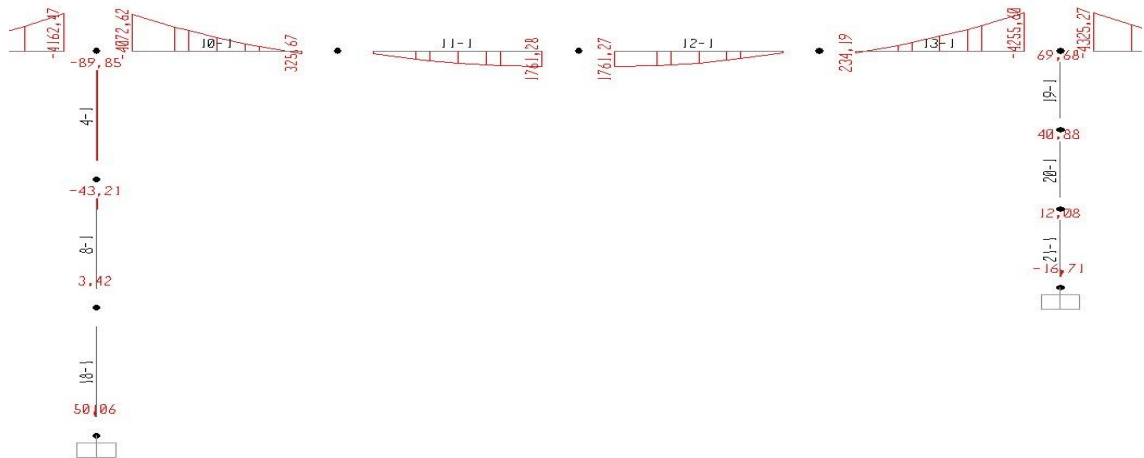


1

Fuente: autores

En la imagen se muestra el modo de la vibración 1 que arroja el programa luego de analizar las cargas que tiene la estructura. Previamente se diseñaron las vigas del puente. En este caso, se obtienen los valores necesarios para el diseño de las pilas y las vigas cabezales, como se muestra a continuación:

Ilustración 26 Valores pilas y vigas cabezales



Fuente: autores

El software se encarga de hallar la separación de los estribos de la viga cabezal.

85

$$S = \frac{A_{sv}}{0,586 \text{ mm}}$$

$$S = \frac{516 \text{ mm}^2}{5,86 \text{ mm}}$$

$$S = 88,054 \text{ mm}$$

$$A_{sc} = 2958,336 \text{ mm}^2$$

$$A_{sT} = 2292,027 \text{ mm}^2$$

• **ACERO A COMPRESION**

$$\text{Varillas} = \frac{A_{sc}}{510 \text{ mm}^2}$$

$$\text{Varillas} = \frac{2958,33 \text{ mm}^2}{510 \text{ mm}^2}$$

$$\text{Varillas} = 5.8$$

$$\text{Varillas} = 6$$

$$S = \frac{510 \text{ mm}^2 * 1270 \text{ mm}}{A_{sc}}$$

$$S = \frac{510 \text{ mm}^2 * 1270 \text{ mm}}{2958,33 \text{ mm}^2}$$

$$S = 218.94 \text{ mm}$$

• **ACERO A TENSION**

$$\text{Varillas} = \frac{A_{sT}}{510 \text{ mm}^2}$$

$$\text{Varillas} = \frac{2292,027 \text{ mm}^2}{510 \text{ mm}^2}$$

$$\text{Varillas} = 4,49$$

$$\text{Varillas} = 5$$

$$S = \frac{510 \text{ mm}^2 * 1270 \text{ mm}}{A_{sT}}$$

$$S = \frac{510 \text{ mm}^2 * 1270 \text{ mm}}{2292,027 \text{ mm}^2}$$

$$S = 282,58 \text{ mm}$$

- **SECCION CENTRAL**

$$A_{sT} = 2292,027 \text{ mm}^2$$

- **ACERO A TENSION**

$$\text{Varillas} = \frac{A_{sT}}{510 \text{ mm}^2}$$

$$\text{Varillas} = \frac{2292,027 \text{ mm}^2}{510 \text{ mm}^2}$$

$$\text{Varillas} = 4,49$$

$$\text{Varillas} = 5$$

$$S = \frac{510 \text{ mm}^2 * 1270 \text{ mm}}{A_{sT}}$$

$$S = \frac{510 \text{ mm}^2 * 1270 \text{ mm}}{2292,027 \text{ mm}^2}$$

$$S = 282,58 \text{ mm}$$

- **Diseño de refuerzo longitudinal de las pilas**

De acuerdo a los resultados encontrados en el software SAP 2000, se evalúa el diseño bajo las condiciones más críticas.

$$AS = 15395 \text{ mm}^2$$

$$\phi 10 = 1,25 \text{ in} = 3,175 \text{ cm}$$

$$\text{Varillas} = \frac{AS}{\phi 10}$$

$$\text{Varillas} = \frac{15395 \text{ mm}^2}{3,175 \text{ cm}}$$

$$\text{Varillas} = 0.485$$

$$19 \text{ Varillas } \#10$$

$$1,5 * 31,75 \text{ mm} = 47.625 \text{ mm}$$

$$1,5 * 1 \text{ in} = 38,1 \text{ mm}$$

Se toma el espaciamiento de 38 mm

La estimación de recursos necesarios para el diseño de la superestructura y la infraestructura del nuevo puente “Las Delicias” el cual comunica a los municipios de Alpujarra-Tolima y Baraya-Huila se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 18 cantidades y presupuestos estimados

ÍTEM Nº	ÍTEM DE PAGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	Vr.UNITARIO	Vr. PARCIAL
CAPITULO 6						
ESTRUCTURAS Y DRENAJES						
* ESTRUCTURA DE CONCRETO - CONCRETO ESTRUCTURAL						
1	630.1	Concreto f'c= 35 Mpa (Viga)	m3	190,40	\$ 830.556	\$ 158.137.862,40
2	630.3	Concreto f'c= 28 MPa (Tablero)	m3	185,23	\$ 509.453	\$ 94.365.979,19
3	630.3	Concreto f'c= 28 Mpa (Riostra Extrema)	m3	3,78	\$ 735.535	\$ 2.780.322,30
4	630.3	Concreto f'c= 28 MPa (Riostra Interna)	m3	14,58	\$ 735.535	\$ 10.724.100,30
5	630.4	Concreto f'c= 21 MPa (Tope Sísmico)	m3	1,00	\$ 496.548	\$ 496.548,00
16	630.4	Concreto f'c= 21 MPa (Bordillo)	m3	1,00	\$ 496.548	\$ 496.548,00
* SUMINISTROS - ACERO DE REFUERZO						
VIGAS						
17	640.1	Acero # 3 de Refuerzo (Fy=420 Mpa)	Kg	1.009,00	\$ 3.413	\$ 3.443.717,00

TABLERO						
18	640.1	Acero # 3 de Refuerzo (Fy=420 Mpa)	Kg	293,00	\$ 3.413	\$ 1.000.009,00
LOSA						
19	640.1	Acero # 4 de Refuerzo (Fy=420 Mpa)	Kg	185,00	\$ 3.413	\$ 631.405,00
PILA						
20	640.1	Acero # 4 de Refuerzo (Fy=420 Mpa)	Kg	90,00	\$ 3.413	\$ 307.170,00
OTROS						
# REF!	642.1	Neopreno 40x50x5 D60	U	42,00	\$ 800.000	\$ 33.600.000,00
# REF!	642.1	2 Platina	U	8,00	\$ 80.000	\$ 640.000,00
ESTRUCTURAS DE CONCRETO - BARANDA METÁLICA						
# REF!		Baranda metálica	ML	68,00	\$ 374.142	\$ 25.441.656,00
SUBTOTAL CAPITULO 6 ESTRUCTURAS Y DRENAJE						\$ 332.065.317,19
TOTAL COSTO DIRECTO						\$ 332.065.317,19
AIU 30%						\$ 99.619.595,00
TOTAL OBRAS PUENTE						\$ 431.684.912,19

Fuente: autores

9.5. FASE 3: SOCIALIZACIÓN DE RESULTADOS

Debido a que el acero de refuerzo empleado para la distribución supera los parámetros recomendados por la norma este refuerzo en específico se diseñara en base al máximo valor posible para el refuerzo de distribución que es de 67%.

Para el factor de distribución de diseño de las riostras se obtiene que este factor será atribuido a las cargas externas debido a que son las de mayor valor

La carga P que se implementa como péndulo para garantizar la regla de palanca se definirá como una carga unitaria, y se obtiene un valor de distribución máximo con el cual se diseña siendo el valor más grande de g, el de la viga externa para un carril cargado (**$g = 0,868$**). y se toma el ancho efectivo 2 por ser el menor entre los factores de diseño.

Debido a que la sección conjunta formada por el espesor de la losa tiene un mayor valor al del área de compresión el sistema cumple con ser una sección completamente rectangular, por lo tanto, se toma la cuantía de la tabla con $f'c$ 35 MPa y 420 MPa de la guía para el cálculo de estructuras de concreto reforzado, con las especificaciones de los espaciamientos mostrados en los planos, se realizan los siguientes cálculos el ancho de base de la viga es de 500 mm

Realizando el corte de cálculo de diseño a cortante y flexión en tres puntos diferentes a los extremos y el centro siendo estas distancias a 2 a 3 y a 4,7 metros de los apoyos para verificar la cantidad de acero que se hará necesaria para cumplir con las necesidades de refuerzo estructural tanto a cortante como a flexión en estos puntos específicos.

Se hace necesaria la implementación de paquetes de barras de distribución en la viga debido a las grandes necesidades de acero que estas requieren para soportar la carga a flexión estos paquetes de varillas de los resultados finales se especifican en los planos adjuntos.

Por motivos de facilidad constructiva se selecciona el espaciamiento mínimo entre estribos en las vigas se implementarán de la siguiente forma en la sección cuadrada de 4cm de espacio entre ellas los primeros 5 metros hacia los bordes, 11cm los siguientes 3 metros y 30cm en los últimos 4 metros de la sección central.

En el neopreno se implementarán refuerzos de láminas de acero de altura comercial escogiendo una lámina de 3 mm, que aporta una mayor resistencia a la fractura de este apoyo cuando se someta a fuerza de tensión, se usará un apoyo de neopreno D-60 de $G=1 \text{ kg/cm}^2$ reforzado con 3 capas de acero A-36, de 3 mm de espesor.

Observando los valores obtenidos en la tabla 17 se comprende que el costo de esta mega estructura llamada el nuevo puente “las delicias” se observa que en un costo estimado de materiales constructivos básicos para el desarrollo de esta sin la inclusión de la mano de obra ni el análisis detallado de los diferentes costos que se pueden atribuir a un proyecto netamente constructivo se podría llegar a realizar la implementación presupuestal, mediante la colaboración de las gobernaciones involucradas.

Se realizó un diseño de vigas múltiples de cortas dimensiones con la finalidad de garantizar una mayor distribución de las diferentes cargas y un menor esfuerzo soportado por cada una de ellas minimizando así los posibles riesgos de daño por sobrecarga o sobreesfuerzos en la vida útil del puente, así mismo reduciendo significativamente las áreas de empuje de viento que puedan afectar la superestructura.

10. CONCLUSIONES

- Al realizar el análisis de los parámetros geométricos y estructurales en el diseño, se observa que este se generó bajo las diferentes normatividades que rigen las construcciones de vías y estructuras en el país, generando una mejora de vida en las comunidades aledañas por la facilidad en lo que encierra el transporte comercial como particular que permitirá el desarrollo de las diferentes actividades de la región.
- Se incentivará la activación del comercio con la garantía de seguridad para las personas que transiten por esta estructura, con un máximo aprovechamiento por parte de los habitantes del sector, permitiendo que los ciudadanos tengan un tramo destinado exclusivamente para ellos, seguro por el cual puedan transitar.
- Los transeúntes con cargas pequeñas que tienen la necesidad diaria de cruzar por esta solución estructural para asistir entre las diferentes haciendas del sector, adquieren una mejora de movilidad generada por una inclusión de doble calzada en ambos sentidos donde se permite el tráfico de más de un solo vehículo de carga pesada en el puente a la vez.
- Debido a que la losa se realiza con un concreto de alta resistencia estructural no se hace necesaria la construcción de una capa de rodadura flexible y se implementará en vez un pavimento rígido que requerirá un menor mantenimiento, reduciendo en un alto porcentaje de costo los diferentes gastos a futuro por parte de ambas alcaldías.
- La realización del nuevo diseño permite que la dinámica económica de la población se active y tenga más fluidez en distintos sectores, especialmente en la agricultura.
- Al generar el diseño de un puente reforzado se disminuyen los gastos de construcción, se hace lo necesario para diseñar uno de este tipo debido a

que las dimensiones de las luces son demasiado extensas, lo que por facilidad constructiva nos llevaría a generar un puente atirantado.

- Se evita el uso de un sistema constructivo de concreto pre esforzado en una dimensión entre luces superiores a los 18 metros de longitud, esto se logra mediante la implementación de paquetes de barras de refuerzo en las vigas, distribuidos en el fondo de las mismas.
- No se requiere el cálculo de barandas ni bordillos debido a que en la norma estos se estandarizan a unos valores puntuales en el caso de estructuras de concreto armado.

11. RECOMENDACIONES

- Con el mejoramiento en el diseño del puente se da un precedente a nivel regional para realizar obras de este mismo tipo y eventualmente convertir este en un proyecto de plan nacional para el mejoramiento de la infraestructura vial del país, promoviendo mayor movilidad terrestre y generando un aumento comercial en los diferentes municipios debido al aumento de los diferentes aportes comerciales que ofrece el turismo de población flotante.
- Con el mejoramiento de este puente se hace necesario el mantenimiento de los tramos en los extremos de la estructura, debido a que en la visita técnica se evidencio que este no es el óptimo lo que incrementa en un porcentaje acelerado la reducción de vida útil del puente.
- Se hace necesaria la realización de diferentes estudios especialmente en el área de suelos frente a la zona, para conocer las condiciones en las que se encontraría frente a la etapa de construcción de este puente y reconocer que la mejor solución es el sistema losa-viga expuesto anteriormente en el documento.
- Una vez terminada su construcción, el nuevo puente “Las Delicias” contara con un sendero peatonal establecido por el Código Colombiano de Puentes LRFD CCP-14, por lo tanto, la creación de campañas que enseñen a la comunidad el uso del mismo con el fin de prevenir riesgos y accidentes.
- Realizar el estudio de suelos e hidrográfico pertinente para poder desarrollar los cálculos y el diseño de los estribos y la cimentación para el nuevo puente de “Las Delicias”.
- Reducir los periodos de supervisión y mantenimiento correspondiente en la estructura para garantizar su durabilidad.
- Utilizar la losa en concreto como capa de rodadura para el tránsito de los diferentes usuarios del puente; sin embargo, si se desea implementar una

capa asfáltica como sistema de rodadura, esta cumple de manera satisfactoria en la carga estructural.

BIBLIOGRAFIA

CALI, Santiago D E, 2013. ANALISIS DE LA INTERACCION HUMANO-ESTRUCTURA EN PUENTES PEATONALES DE SANTIAGO DE CALI. (411), 1–5.

CAMACHO, Jesus Valdes Gonzalez; Jaime De la Colina Martinez; Sergio A Diaz, 2010. *EVALUACIÓN EXPERIMENTAL DE LA CAPACIDAD DE AISLAMIENTO DE LOS DISPOSITIVOS DE APOYO DE UN PUENTE VEHICULAR*. 2010.

CARDONA, Juan Sebastián Gaitán a Adriana Gómez CABRERA, 2014. Uso De La Metodología Brim (Bridge Information Modeling) Como Herramienta Para La Planificación De La Construcción De Un Puente De Concreto En Colombia. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina* [online]. 2–4. Dostupné z: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=91132760009>

DIANA MILENA CASTRO TRIANA, Edgar Orlando Cespedes Lozano, 2017. *EVALUACIÓN PRESUPUESTAL PARA DOS TIPOLOGÍAS ESTRUCTURALES DE PUENTES EN CONCRETO EN CUNDINAMARCA*. B.m. Universidad Catolica de Colombia.

DURANTE, Puentes Extradosados, 2013. CONSTRUCCIÓN POR VOLADIZOS SUCESIVOS / STRUCTURAL BEHAVIOR OF EXTRADOSED BRIDGES DURING CANTILEVER CONSTRUCTION. 1–3.

GIRALDO, John Mario García, Jaime Ospina GIRALDO a Edir Amparo Graciano GÓMEZ, 2014. La Infraestructura De Puentes En Las Vías Secundarias Del Departamento De Antioquia/Bridge Infrastructure in Secondary Roads of Antioquia. *Revista EIA* [online]. 11(22), 119. ISSN 1794-1237. Dostupné z: <http://search.proquest.com/openview/cf6c34b68beda23b85e1875028e74d1d/1?pq-origsite=gscholar&cbl=2029022>

GRATTESAT, Guy, 1983. Vida útil de puentes. *Informes de la Construcción* [online]. 1–11. Dostupné

z: <http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es/index.php/informesdelaconstruccion/article/viewArticle/2055>

JOSÉ, San a Costa RICA, 2015. Programa de Infraestructura del Transporte (PITRA) Unidad de Puentes.

LEIVA, Diego Javier Guanaquiza, 2015. *DISEÑO DE UN PUENTE DE HORMIGÓN ARMADO PARA COMUNICACIÓN ENTRE LOS POBLADOS DE BELLAMARÍA Y CALUGURO DEL CANTÓN SANTA ROSA*. B.m. Universidad tecnica de Machala.

MEXIQUENSE, El Colegio a Sociedad TERRITORIO, 2007. Construyendo puentes entre la política ambiental y la política de tratamiento de aguas en la cuenca.

MORALES, Ing. DAVID SEBASTIÁN CUSBA, 2013. Estudio De Las Causas Y Soluciones Estructurales Del Colapso Total O Parcial De Los Puentes Vehiculares De Colombia Desde 1986 Al 2011, Y La Evaluación De Las Consecuencias Del Derrumbamiento De Uno De Ellos. *Journal of Chemical Information and Modeling* [online]. **53**, 1689–1699. ISSN 1098-6596. Dostupné z: [doi:10.1017/CBO9781107415324.004](https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004)

MUÑOZ, Edgar a David GÓMEZ, 2013. Análisis de la evolución de los daños en los puentes de Colombia. *Revista Ingenieria de Construccion* [online]. **28**(1), 37–62. ISSN 07162952. Dostupné z: [doi:10.4067/SO718-50732013000100003](https://doi.org/10.4067/SO718-50732013000100003)

THE, Arnulfo G, Modern LANGUAGE a Malden TOMO, 2000. Construyendo Puentes (Building Bridges). (Summer), 308–309.

TUAN, Christopher Y., 2004. Concrete technology today: conductive concrete for bridge deck deicing. (96).

YAMIN, Luis E a Daniel RUIZ, nedatováno. V sí p c e r. 74–80.